

CDR, UM RESÍDUO OU UM PRODUTO, E SUA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÓMICA: ANÁLISE DO ESTUDO DO CASO

Inês dos Reis Guerreiro de Carvalho

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para
obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil Engenharia Sanitária.

Orientador: Engenheiro Artur João Cabeças
Co-Orientadora: Professora Doutora Alexandra Ribeiro

Lisboa, 2011

Agradecimentos

Este trabalho não teria sido possível sem a generosa ajuda e apoio dos meus estimados orientadores que partilharam comigo os seus conhecimentos e competências.

O meu profundo obrigado ao Engenheiro Artur João Cabeças a quem muito devo na orientação prestada ao longo desta dissertação. À Professora Doutora Alexandra Ribeiro também pelo acompanhamento e apoio dispensados.

Ao Engenheiro José João Pinto Rodrigues, Administrador Delegado, e à Engenheira Sara Geraldo, Técnica do Departamento de Gestão Unidade de Compostagem, pela atenção e informação que me disponibilizaram na visita à VALNOR.

Expresso, ainda, a minha imensa gratidão aos meus Pais por terem apostado na minha formação académica e pelo apoio incondicionado que sempre me deram, à minha irmã Filipa e à minha Família.

A todos os meus Amigos, em especial à Inês F., ao Hugo E. S. e ao Miguel T. que me ajudaram a recuperar a minha confiança quando esta parecia perdida. À Inês A., à Rafaela C., à Mónica M. e ao Pedro G., Catarina L., à irmã Marta e ao “Tio João”, estendo também o meu mais sincero obrigado.

RESUMO

Esta dissertação tem por base o "estudo de caso" da concessionária do sistema multimunicipal do Norte Alentejano, a VALNOR S.A. como a primeira empresa nacional a produzir e a preparar o Combustível Derivado de Resíduos para aproveitamento energético por co-incineração na cimenteira SECIL.

Pretende-se, de certa forma, contribuir para que o CDR possa ser encarado não como um resíduo, mas sim como um recurso ou produto que comporta valor económico e ambiental, fazendo parte da "cadeia de valor" de um sistema integrado de Resíduos Urbanos (RU). Com efeito, o CDR é a fracção "refugo" que resulta após pré-tratamento mecânico processado a montante da linha de uma unidade de compostagem ou de digestão anaeróbia, onde se separam também os materiais com possibilidade de reciclagem, papel/cartão, vidro e resíduos de embalagens, bem como a fracção orgânica que prossegue na linha para a fase de compostagem e maturação.

A fracção "refugo" que resulta deste pré-tratamento mecânico contempla potencial para aproveitamento energético, dado que os materiais que a integram possuem um Poder Calorífico Inferior (PCI) com um potencial energético significativo.

Sendo, todavia, uma fracção com os materiais em bruto torna-se necessário que seja objecto de uma preparação prévia. Esta preparação permite dar origem a um material para valorização energética, por co-incineração ou combustão por incineração específica, substituindo o combustível de origem fóssil que em regra é utilizado. O CDR, ao servir de combustível alternativo relativamente ao combustível fóssil utilizado, permite não só uma poupança significativa deste combustível, não renovável, como uma redução de emissões de dióxido de carbono (CO_2) e de GEE (CH_4 evitado). Associado a estes benefícios acresce um valor económico significativo, quer pela redução do consumo combustível fóssil necessário, quer pelos proveitos da energia gerada, energia com "tarifa verde", pela redução das emissões de CO_2 com ganhos em termos de créditos de carbono quer pelo espaço evitado em aterro com diminuição de custos de operação e volume ocupado, pelo facto de se evitar o pagamento da Taxa de Gestão de Resíduos (TGR), e por se garantir o uso do Aterro Sanitário apenas para a fracção "resto", na perspectiva de um "Aterro de Carbono Zero".

Apresenta-se, também, o enquadramento legislativo, a revisão bibliográfica, descreve-se a solução desenvolvida pela VALNOR para a preparação do CDR, analisam-se as amostras retiradas para avaliação do seu potencial energético, analisam-se e discutem-se os respectivos resultados laboratoriais, identificam-se os parâmetros/limites para viabilizar a sua valorização e, por último, avalia-se o CDR, quer no quadro ambiental, quer como um recurso ou "produto", concluindo-se da sua importância para a viabilidade técnico-económico de um sistema integrado de resíduos sólidos.

ABSTRACT

This dissertation is based on the "Case Study" of the North Alentejano multimunicipal system, VALNOR S.A., as the first national company to produce and prepare Refuse Derived Fuel with energy recovery capability for SECIL, one of Portuguese cements producers.

It aims that the RDF could be considered not as waste but as an economic and environmental valued product part of the integrated municipal solid waste "value chain". The RDF is the waste fraction resulting from a mechanical sorting process of composting plants or anaerobic digestion process, which separate the materials capable of being recycled (paper/cardboard, glass and packaging waste), as well as the organic fraction that continues to the composting and maturation phase.

The waste fraction significant includes allows for a high energy recovery potential, given that it's composting materials have a significant Net Calorific Value. This fraction formed by materials, requires prior preparation in order to create an energy recovery material used as fuel in incineration or co-incineration plants.

The RDF used as alternative fuel, not only allows savings in fossil fuel consumptions but also in the reduction of CO₂ emission and greenhouse gas (methane avoided). Furthermore these benefits allow for additional economic value, by reducing fossil fuel consumption by reducing CO₂ emissions, with the associated gains in carbon credits, the reduction of landfill operating costs and occupied volume, the savings in waste management tax and the use of sanitary landfill only for the "rest fraction" in a "Carbon Neutral Landfill " perspective.

This study identifies the legal framework, literature references and the solution developed by VALNOR for RDF preparation, as well as the samples analysis, the limits parameters that ensure a viable recovery and lastly, the study evaluates of the RDF's role on the environmental context as a product and its economic importance within a solid waste system.

SIMBOLOGIA e NOTAÇÕES

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

As - Arsénio

BREF - *Best Available Techniques Reference Documents*

CAA – Comissão de Acompanhamento Ambiental

CAGER - Comissão de Acompanhamento de Gestão dos Resíduos

cal - calorias

CDR - Combustíveis Derivados de Resíduos

CELE - Comércio Europeu de Licenças de Emissão

CEN - *Comité Européen de Normalisation*

CENELEC - *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*

CH₄ - Metano

Co - Cobalto

CO - Monóxido de Carbono

CO₂ - Dióxido de Carbono

CQNUAC - Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas

Cr - Crómio

Cu - Cobre

CVO - Central de Valorização Orgânica

CSR - Combustível Sólido Recuperado

D. L. – Decreto-Lei

E&RE - Embalagens e Resíduos de Embalagens

ECTRU - Estações de Confinamento Técnico de RU

EIA - Estudo de Impacte Ambiental

ENRRUBDA - Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis Destinados aos Aterros

ERSAR - Entidade Reguladora de Serviços de Águas e Resíduos

ETSI - *European Telecommunications Standards Institute*

g - grama

GEE - Gases com Efeitos de Estufa

H₂ - Hidrogénio

H₂O - Água

Hg - Mercúrio

I&D - Investigação & Desenvolvimento

INE - Instituto Nacional de Estatística

IRAR - Instituto Regulador de Águas e Resíduos

LER - Lista Europeia de Resíduos

MAOTDR - Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional

MCOTA - Ministério das Cidades, do Ordenamento do Território e do Ambiente

MEI - Ministério da Economia e da Inovação

MJ - Mega Joule

Mn - Manganês

MRRU - Mapa de Registo de Resíduos Urbanos

MTD - Melhores Técnicas Disponíveis

Ni - Níquel

PAPERSU – Plano de Adequação do PERSU

Pb - Chumbo

PCI - Poder Calorífico Inferior

PE - Polietileno

PERH - Plano Estratégico dos Resíduos Hospitalares

PERSU - Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos

PESGRI - Plano Estratégico de Resíduos Industriais

PET - Politereftalato de etileno

PIB - Produto Interno Bruto

PIP - Política Integrada de Produto

PNAC - Programa Nacional para as Alterações Climáticas

PNALE - Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão

POP - Poluentes orgânicos persistentes

PP - Polipropileno

PPC - Paridade do Poder de Compra

PQ - Protocolo de Quioto

PVC - Policloreto de vinilo

QREN - Quadro de Referência Estratégico Nacional

REA - Relatório do Estado do Ambiente

REACH - *Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals*

RIB - Resíduos Industriais Banais

RIP - Resíduos Industriais Perigosos

RSM - Recolha Selectiva Material

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

RUB - Resíduos Urbanos Biodegradáveis

Sb - Antimónio

SGIR - Sistema de Gestão de Informação sobre Resíduos

SIRAPA - Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente

SIRER - Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos

Sn - Estanho

SO₂ - Dióxido de Enxofre

Tl - Tálho

TMB - Tratamento Mecânico ou Biológico

UE-27 - União Europeia, 27 Países

USEPA - *United States Environmental Protection Agency*

V - Vanádio

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objectivos	7
1.3	Metodologia Geral.....	8
1.4	Estrutura da Dissertação.....	9
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Definições e Conceitos.....	11
2.2	Enquadramento Legal no domínio do CDR	13
2.3	Enquadramento Legal para as Emissões de CO ₂	19
2.4	Caracterização da situação dos resíduos, em Portugal Continental em 2009	25
2.5	Combustíveis Derivados de Resíduos	29
2.5.1	Definição de CSR e CDR.....	29
2.5.2	Classificação de CDR	30
2.5.3	Processos de Obtenção de CDR.....	32
2.5.4	Tecnologias para a Valorização de CDR	33
2.5.5	O potencial do CDR em Portugal Continental	39
2.5.6	Situação a nível Europeu	45
3.	DESCRIÇÃO DO ESTUDO DO CASO	47
3.1	VALNOR S.A.	48
3.1.1	Descrição da Central de Valorização Orgânica – Unidade de Compostagem	51
3.1.2	Descrição da Central de Preparação de CDR.....	61
3.2	Empresa SECIL	69
4.	METODOLOGIA DOS TRABALHOS REALIZADOS.....	73
4.1	VALNOR – amostras de CDR recolhidas e analisadas	73
4.2	Amostras de CDR a nível Nacional – outros casos.....	74
4.2.1	ERSUC.....	74
4.2.2	TRATOLIXO.....	75
4.2.3	AMARSUL.....	76
4.3	Comparação com NP 4486 de 2008	77
4.4	Comparação com dos PCI de combustíveis fósseis	77
4.5	SECIL.....	78
5.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	79
5.1	VALNOR S.A.	79
5.2	ERSUC – Aterro Sanitário Coimbra	83

5.3	TRATOLIXO	87
5.4	AMARSUL	89
5.5	SECIL - Viabilização da co-incineração	91
6.	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	101
6.1	Caracterização do CDR – Resultados obtidos	101
6.2	Caracterização das emissões – Vantagens obtidas	102
7.	CONCLUSÕES	107
7.1	Fim do estatuto de “Resíduo” ?	107
7.2	Viabilidade Técnico-económica do CDR	110
7.3	Síntese conclusiva	114
7.4	Trabalhos subsequentes	114
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115
9.	ANEXOS	121

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Hierarquia dos resíduos segundo Directiva 2008/98/CE	1
Figura 1.2 - Tratamento e destino final dos RSU produzidos no Continente	2
Figura 1.3 - RU encaminhados para as diversas operações de gestão em Portugal continental.....	3
Figura 1.4 - Evolução da gestão dos resíduos em Portugal, entre 1996 e 2007	4
Figura 2.1 - Emissões de GEE na UE-27, <i>per capita</i> , em 2008	20
Figura 2.2 - Intensidade Carbónica da Economia, em Portugal e na EU-27	21
Figura 2.3 - Variação da intensidade carbónica, entre 1998 e 2008, na UE-27	21
Figura 2.4 - Taxa de substituição de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos na Europa entre 2001 e 2003.....	24
Figura 2.5 - População residente, produção de RU, em Portugal Continental entre 2005 e 2009.....	27
Figura 2.6 - RU produzidos em tonelada: total e por tipo de operação de destino.....	28
Figura 2.7 - Refugos da Triagem dos RU obtidos por recolha selectiva, VALNOR Avis	32
Figura 2.8 - Esquema representativo da linha de funcionamento de uma CVO.....	32
Figura 2.9 - Composição física dos RU da VALNOR segundo o potencial das componentes retiradas no tratamento mecânico, em 2010.....	40
Figura 2.10 - Composição física dos RU da ERSUC, segundo o potencial das componentes retiradas no tratamento mecânico, em 2010.....	40
Figura 2.11 - Composição física dos RU da AMARSUL, segundo o potencial das componentes retiradas no tratamento mecânico, em 2010.....	40
Figura 2.12 - Capitação de RU, por Região em 2009	41
Figura 2.13 - Potencial de produção de CDR a partir de RU, em 2013, em Portugal Continental, por Região.....	42
Figura 3.1 - Mapa representativo dos diferentes Sistemas de Gestão de Resíduos.....	47
Figura 3.2 - Representação da área de intervenção da VALNOR, ERSUC, TRATOLIXO e AMARSUL	48
Figura 3.3 - Mapa representativo dos 25 concelhos abrangidos pela VALNOR	49
Figura 3.4 - Depósito de Óleos Alimentares Usados, VALNOR Avis.....	50
Figura 3.5 - Depósito de Veículos em Fim de Vida, VALNOR Avis.....	51
Figura 3.6 - Representação esquemática da CVO.....	51
Figura 3.7 - Representação esquemática da estrutura da linha de funcionamento da CVO.....	53

Figura 3.8 - Grua de recolha de RU	54
Figura 3.9 - <i>Trommel</i> 300mm.....	55
Figura 3.10 - Abre-Sacos	55
Figura 3.11 - Triagem B.....	56
Figura 3.12 - Rejeitados depositados em dois contentores distintos.....	57
Figura 3.13 - Triagem A.....	57
Figura 3.14 - Pós-Compostagem, Maturação.....	59
Figura 3.15 - Revolteadora.....	59
Figura 3.16 - Fluxo de Funcionamento da CVO – VALNOR	60
Figura 3.17 - Percentagens das quantidades tratadas e obtidas na linha de funcionamento da CVO – VALNOR.....	61
Figura 3.18 - Equipamento móvel Central de Preparação de CDR	63
Figura 3.19 - Triturador primário	63
Figura 3.20 - Transportador	64
Figura 3.21 - Separador de metais ferrosos.....	64
Figura 3.22 - Separador de impróprios pesados <i>Wind Hopper</i>	65
Figura 3.23 - Transportador, vista perfil e vista anterior	66
Figura 3.24 - Transportador reversível giratório (tipo “borboleta”).....	66
Figura 3.25 - Triturador Secundário	67
Figura 3.26 - Bocas de aspiração e captação de poeiras	68
Figura 3.27 - Representação esquemática das diferentes etapas no processo de fabrico do cimento.....	70
Figura 3.28 - Representação esquemática do circuito dos combustíveis fósseis e alternativos na cimenteira....	70
Figura 5.1 - Representação gráfica do PCI das amostras da VALNOR e dos combustíveis fósseis	81
Figura 5.2 - Representação gráfica do teor de Cloro nas amostras da VALNOR	81
Figura 5.3 - Representação gráfica do PCI das amostras da ERSUC e dos combustíveis fósseis.....	85
Figura 5.4 - Representação gráfica do teor de Cloro nas amostras da ERSUC	86
Figura 5.5 - Representação gráfica do PCI das amostras da TRATOLIXO e dos combustíveis fósseis.....	88
Figura 5.6 - Representação gráfica do teor de Cloro nas amostras da TRATOLIXO.....	88
Figura 5.7 - Representação gráfica do PCI das amostras da AMARSUL e dos combustíveis fósseis.....	90
Figura 5.8 - Representação gráfica do teor de Cloro nas amostras da AMARSUL.....	90
Figura 5.9 - Emissões de Dioxinas e Furanos registadas no período de 2002 a 2009, SECIL-Outão	91

Figura 5.10 - Emissões de Hg registadas no período de 2002 a 2009, SECIL-Outão	92
Figura 5.11 - Emissões de Cádmio e Tálho registadas no período de 2002 a 2009, SECIL-Outão.....	92
Figura 5.12 - Emissões da soma de Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni e V registadas no período de 2002 a 2009, SECIL-Outão	92
Figura 5.13 - Representação da poupança de emissões de CO ₂ , SECIL-Outão	94
Figura 5.14 - Representação gráfica da emissão de GEE e previsões para 2020 para a UE-27	97
Figura 5.15 - Balanço líquido de emissões de GEE na gestão e tratamento de RU	98
Figura 7.1 - Balanço líquido de Emissões de CO ₂ por valorização de CDR	111
Figura 7.2 - Representação esquemática do balanço com a valorização de CDR.....	112
Figura 9.1 - Esquema representativo do balanço de massas processual global do processo	121

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Definição dos diferentes tipos de resíduos, segundo o D.L. n.º 178/2006	11
Tabela 2.2 - Caracterização física média típica dos RU.....	12
Tabela 2.3 - Eixos de intervenção e medidas de actuação do PERSU II para o período de 2007 a 2016.....	15
Tabela 2.4 - Eixos estratégicos de intervenção e medidas de actuação para a valorização do CDR	17
Tabela 2.5 - Quantidades em toneladas (t) de RU produzidos em Portugal Continental em 2009 e respectivos destinos finais.....	26
Tabela 2.6 - População residente, produção de RU e capitação, em Portugal Continental entre 2005 e 2009....	26
Tabela 2.7 - RU produzidos em tonelada: total e por tipo de operação de destino.....	27
Tabela 2.8 - Quantidades em toneladas (t) de RT e RU produzidos e tratados em 2008	28
Tabela 2.9 - Formas de CDR e sua descrição.....	30
Tabela 2.10 - Sistema de classificação dos CDR	31
Tabela 2.11 - Comparação dos principais processos de combustão	38
Tabela 2.12 - Produção e Capitação de RU por Região, em 2009	41
Tabela 2.13 - RU provenientes da Recolha Indiferenciada, por operação de Gestão e por Sistema, em Portugal Continental em 2009.....	43
Tabela 2.14 - Potencial de produção de CDR em toneladas, em 2013, por Sistema de Gestão de RU, no Continente.....	44
Tabela 2.15 - Expectativa de consumo de CDR	45
Tabela 4.1 - Parâmetros e respectivos métodos de amostragem adoptados pela ERSUC	75
Tabela 5.1 - Boletins de ensaio VALNOR.....	79
Tabela 5.2 - Boletins de ensaio VALNOR (continuação)	80
Tabela 5.3 - Boletim de ensaios ERSUC	83
Tabela 5.4 - Boletim de ensaios ERSUC (continuação)	84
Tabela 5.5 - Boletim de ensaios TRATOLIXO	87
Tabela 5.6 - Boletim de ensaios AMARSUL	89
Tabela 5.7 - Quantidades de Combustíveis Alternativos utilizados na SECIL.....	95
Tabela 5.8 - Consumo de Combustíveis em 2008 pela SECIL-Outão	95
Tabela 5.9 - Balanço líquido de emissões de GEE na gestão e tratamento de RU	97

Tabela 5.10 - Emissões específicas de GEE na gestão e tratamento de RU	98
Tabela 6.1 - Classificação do CDR e resultados obtidos.....	101
Tabela 6.2 - Determinação das emissões prevenidas de biogás por constituinte (50% CH ₄ + 50% CO ₂)	103
Tabela 6.3 - Produção composto no período de 2010 a 2030.....	104
Tabela 6.4 - Determinação da fracção de azoto no composto de 2009 a 2030	105
Tabela 6.5 - Determinação das emissões prevenidas pela substituição de adubos químicos azotados por composto, no período de 2009 a 2030.....	105
Tabela 6.6 - Determinação das emissões prevenidas pela substituição de adubos químicos azotados por composto, em CO ₂ eq., o período de 2009 a 2030.....	105
Tabela 6.7 - Potencial de redução de emissões por via da valorização energética de CDR.....	106
Tabela 6.8 - Emissões de CO ₂ evitadas com a valorização do CDR, no período de 2009 a 2030.....	106
Tabela 7.1 - Mais-valia pelo desvio de Aterro do CDR, em 2011.....	112
Tabela 9.1 - Anexo A, Parte 1 da Norma CEN/ TS 15359: 2006 para a descrição da composição do CDR.....	122
Tabela 9.2 - Anexo A, Parte 2 da Norma CEN/ TS 15359: 2006 para a descrição da composição do CDR.....	123
Tabela 9.3 - Anexo A, continuação da Parte 2 da Norma CEN/TS 15359:2006 para a descrição da composição do CDR.....	124

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A sociedade está cada vez mais sensibilizada para a responsabilidade da gestão dos resíduos que produz.

A Gestão de Resíduos tem como objectivos (Simplicio, 2009):

- Minimizar a produção de resíduos;
- Assegurar que à utilização de um bem sucede uma nova utilização ou não sendo viável, se procede à sua reciclagem e ou valorização;
- A eliminação de resíduos constitui a última opção de gestão;
- Responsabilidade partilhada, desde o produtor ao cidadão consumidor;
- Assegurar a gestão sustentável dos resíduos procedendo ao encaminhamento para operadores autorizados.

Na Figura 1.1 está representada a hierarquia da gestão dos resíduos segundo a Directiva Quadro dos Resíduos, Directiva 2008/98/CE.

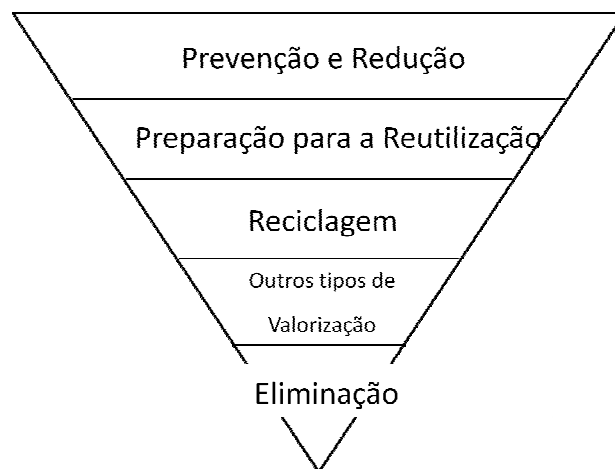


Figura 1.1 - Hierarquia dos resíduos segundo Directiva 2008/98/CE

Em Portugal, no final de 1996, a solução de destino final que se utilizava recorrentemente para os resíduos sólidos urbanos (RSU) eram as lixeiras (341), alguns aterros controlados, cerca de 13 embora não passassem de locais de deposição sem grande controlo de resíduos, algumas estações de compostagem, eram 5 e comportavam soluções técnicas simples de compostagem tradicional, e os Incineradores da VALORSUL e LIPOR (APA, 2010).

Com a elaboração e publicação, em 1997, do Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos I (PERSU I) a situação em Portugal neste domínio sofreu uma significativa alteração estrutural (APA, 2010).

O PERSU I teve como objectivos prioritários (MAOTDR, 1997):

- Apoiar a gestão dos RSU em sistemas Multimunicipais e Intermunicipais a formalizar de forma estratégica para a gestão integrada dos resíduos produzidos nos universos geográficos constituídos;
- Erradicar todas as lixeiras existentes (compromisso até ao ano 2000);
- Substituir as lixeiras por uma rede de aterros sanitários que contemplavam todas as normas e sistemas de protecção ambiental exigidas pela legislação comunitária e nacional;
- Dinamizar a recolha selectiva e a valorização do multi-material reciclável recolhido em ecopontos nas estações de Triagem;
- Construir Estações de Transferência para apoio a uma gestão sustentável das zonas concelhias mais afastadas dos aterros sanitários.

Começa assim a verificar-se em Portugal Continental uma inversão da situação ambientalmente negativa no domínio do sistema integrado dos RSU a partir de 1997. Na Figura 1.2 é evidente a alteração que se deu no ano de 1997 com a publicação do PERSU I, o número de lixeiras começou a diminuir e o número de aterros sanitários a aumentar.

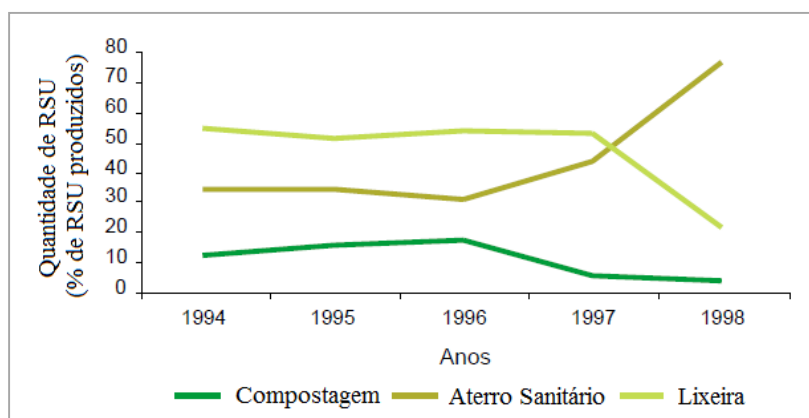


Figura 1.2 - Tratamento e destino final dos RSU produzidos no Continente
(Fonte: APA, 1999)

Com este enquadramento e na sequência da utilização dos fundos comunitários disponibilizados a Portugal para estes objectivos ambiciosos, até 2002 foram constituídos no conjunto 30 sistemas Multimunicipais e Intermunicipais para a gestão de RSU, encerradas e requalificadas ambientalmente 243 lixeiras e desactivadas 98, as restantes foram renaturalizadas pela inertização já existente, foram construídos 35 novos aterros sanitários e requalificados os 2 existentes, Seixal e Campo Maior, continuando a manter-se em funcionamento as 2 incineradoras, LIPOR e VALORSUL. Em paralelo foram colocados Ecopontos, construídas estações de Triagem, estações de Transferência e Ecocentros (APA, 2010 - B).

No final do ano de 2007, Portugal Continental já dispunha de 34 Aterros Sanitários, 8 Centrais de Valorização Orgânica, 2 Centrais de Incineração com recuperação de energia, LIPOR e VALORSUL, 76 Estações de Transferência, 26 Estações de Triagem, 185 Ecocentros e 28 723 Ecopontos (APA, 2010 - B).

As figuras que abaixo se apresentam, 1.3 e 1.4, ilustram a evolução na gestão dos resíduos dos últimos anos. Contudo, verifica-se, que desde 1997, o número de aterros sanitários não teve grandes alterações tendo, todavia, tendência para diminuir ao longo dos anos, como se pode observar na Figura 1.3. Nesta figura é notória a crescente percentagem da Recolha Selectiva anual.

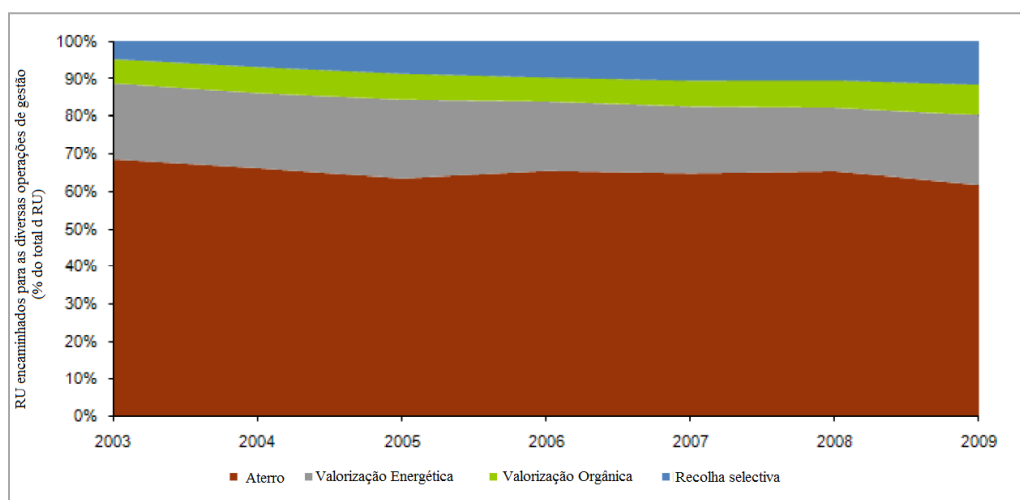


Figura 1.3 - RU encaminhados para as diversas operações de gestão em Portugal continental
(Fonte: APA, 2009)

Com o PERSU I constata-se que a nível Nacional verificaram-se grandes alterações no domínio da gestão dos RSU, cujo registo na Figura 1.4, se retrata o aumento significativo das Estações de Transferência, de Centrais de Triagem e Unidades de Valorização Energética e Orgânica, devido fundamentalmente, à constituição dos Sistemas de Gestão de RSU, mantendo-se constante, em média, tal como as Figuras apresentadas confirmam, o número de aterros sanitários.

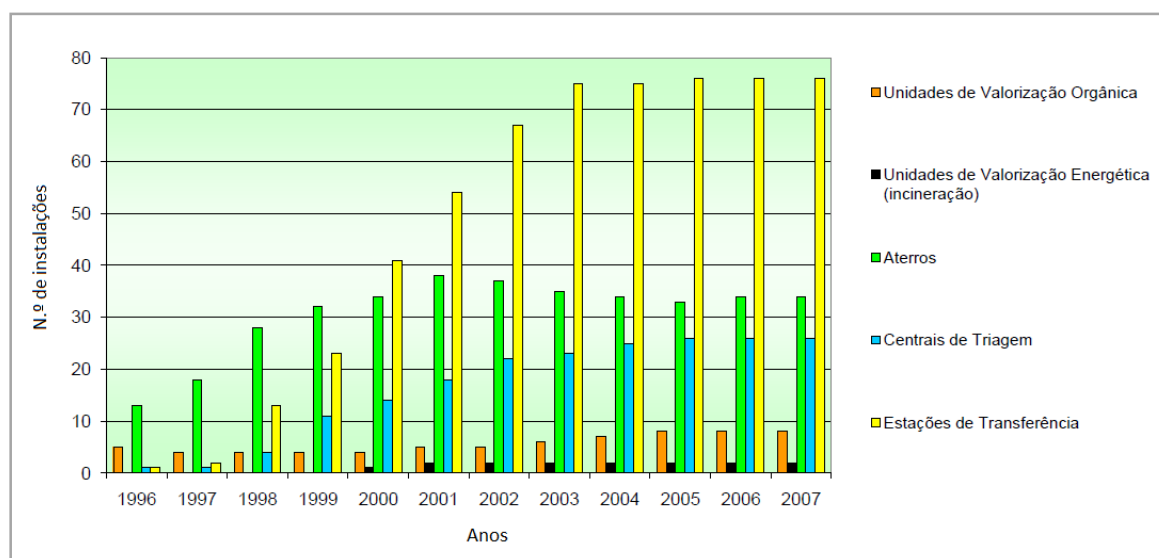


Figura 1.4 - Evolução da gestão dos resíduos em Portugal, entre 1996 e 2007
(Fonte: Simplicio, 2009)

Numa sequência lógica ao PERSU I, é publicada a “Estratégia Nacional para a Redução dos Resíduos Urbanos Biodegradáveis Destinados aos Aterros” (ENRRUBDA) que teve o seu enquadramento legal no Decreto-Lei n.º 152/2002 de 23 de Maio, que transpõe a Directiva 1999/31/CE. O desvio de matéria biodegradável de aterro para cumprimento das metas transpostas, de acordo com o D.L. n.º 152/2002, passou a ser suportada na promoção da recuperação e valorização dos resíduos orgânicos através da Compostagem e Digestão Anaeróbia, referido no ENRRUBDA, tendo por objectivo, para 2005, em Portugal, a necessidade de existir uma capacidade de tratamento disponível, cerca de 285000 toneladas de resíduos orgânicos por ano. O incremento da compostagem doméstica a nível local foi também uma das medidas preconizadas, embora não tivessem sido definidos os quantitativos que deveriam ser tomados em consideração no futuro.

No ENRRUBDA apontava-se para que fossem aumentadas e desenvolvidas soluções de recolha selectiva da fracção orgânica dos RSU, propondo que, em 2006, se pudessem recolher 10% dos resíduos orgânicos produzidos em 2002, e em 2016, fosse garantida, pela recolhida selectiva, a totalidade desses resíduos. Como complemento destes objectivos a ENRRUBDA também preconizava a implementação de uma linha dedicada à valorização de resíduos orgânicos provenientes da recolha selectiva, em todas as instalações que fossem construídas. Relativamente à produção, distribuição e aplicação do composto produzido nas unidades de compostagem existentes e a construir, previa-se uma acção concertada com o Ministério da Agricultura no sentido de se viabilizar e potenciar a sua utilização junto dos utilizadores dentro de elevado padrão de qualidade para esse produto (Portaria n.º 187/2007 de 12 Fevereiro).

Em síntese, as acções a desenvolver no âmbito da ENRRUBDA tinham por metas:

- A optimização das capacidades disponíveis dos sistemas de gestão recorrendo, sempre que possível, a processos de tratamento com as melhores tecnologias disponíveis (MTD);
- A definição de objectivos faseados de recolha selectiva para os vários fluxos, resíduos alimentares e de jardim;
- A promoção do adequado funcionamento das instalações, nomeadamente através da adopção de sistemas de gestão ambiental e/ou rótulo ecológico;
- A criação de “novos” mercados para os produtos resultantes;
- O desenvolvimento de acções de sensibilização ambiental incentivando à participação activa de todos os intervenientes, população em geral, grandes produtores, utilizadores de composto, entre outros.

Após este período de estruturação, entendido como um desafio inadiável para que o sector pudesse dispor de orientações e objectivos claros, surge o PERSU II, instrumento que consubstanciava a revisão das estratégias consignadas no PERSU e ENRRUBDA para o período de 2007 a 2016, definindo a estratégia de investimentos que implicasse coerência, equilíbrio e sustentabilidade à intervenção dos vários agentes envolvidos.

Com o desenvolvimento desta estratégia e na procura de se garantir as metas expostas, a estrutura de gestão, no domínio dos RSU a nível Nacional, passa actualmente por 25 Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (RU) que cobrem a totalidade do território continental, onde 13 deles são Sistemas Multimunicipais e 12 são Sistemas Intermunicipais. Cada um destes Sistemas está suportado num modelo técnico que comporta adequadas infra-estruturas de recolha selectiva, triagem, tratamento e um destino final adequado para os RSU produzidos no respectivo universo geográfico (APA, 2010 - B).

Analisando agora o Relatório do Estado do Ambiente 2009 (REA, 2009) com o Relatório do Estado do Ambiente 1999 (REA, 1999), pode-se verificar a evolução que se conseguiu a nível Nacional neste domínio, podendo concluir-se (APA, 2009):

- A deposição em aterro sanitário passou a ser o destino final da maior percentagem dos RU produzidos em Portugal Continental.
- Em 2009, o principal destino dos cerca de 5,185 milhões de toneladas de RU produzidos no Continente foi o aterro, 71%;
- Ao aterro sanitário segue-se a Incineração, 21%, com recuperação de energia, a Valorização Orgânica, cerca de 8% - compostagem e digestão anaeróbia, e a Recolha Selectiva com vista à reciclagem, com 13%.

Embora os valores de deposição em aterro, em 2009, tenham apresentado uma diminuição de 5% face ao ano precedente, a tendência verificada desde 2003 é de um ligeiro aumento.

Contudo, os valores de valorização tanto energética como orgânica e de recolha selectiva têm vindo sempre a aumentar no período em análise (APA, 2009).

De acordo com o REA, 2009, as principais tendências de evolução do sector da Gestão de RU, em Portugal, passaram pela maior intervenção dos órgãos responsáveis pelos Sistemas de gestão. Depois de uma primeira fase infra-estruturação ao nível de tecnologias de destino final, o caminho actual passa pela adopção das melhores tecnologias de valorização e tratamento. Assim, ao nível da reciclagem, assiste-se a um aumento da eficiência de recolha e triagem de resíduos com a automatização das linhas. Quanto à valorização orgânica estão em curso as melhores tecnologias para se retirar e desviar matéria biodegradável dos aterros, tendo em vista assegurar o cumprimento das metas previstas no âmbito da derrogação obtida por Portugal à Directiva "Aterros", para 2013 e 2020, obrigando, assim, a um forte esforço de investimento em tecnologias de tratamento que garantam a eficácia pretendida. A Directiva "Aterros", já transposta para a ordem jurídica interna nacional, estabelece as metas a atingir para a redução de Resíduos Urbanos Biodegradáveis (RUB) em aterro, ou seja:

- Até 2016, só será possível depositar 50% da quantidade total, em peso, de RUB produzidos em 1995;
- Até 2020, só será possível depositar 35% da quantidade total, em peso, de RUB produzidos em 1995.

Acresce ainda o Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, que estabelece o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, as características técnicas e os requisitos a observar na concepção, licenciamento, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros.

Com este enquadramento, uma das soluções que deve ser dinamizada para contribuir para a redução de RUB a depositar em aterro passa não só pela valorização dos materiais passíveis de serem reciclados como, neste particular, a valorização do Combustível Derivado de Resíduos (CDR) é um fluxo importante para contribuir no esforço de redução que se tem de efectuar para a concretização dos objectivos pretendidos no futuro.

1.2 Objectivos

A presente dissertação tem dois objectivos distintos:

1. Contribuir para a classificação do CDR como um recurso ou “produto”;
2. Contribuir para a determinação da viabilidade do CDR do ponto de vista técnico-económico.

Numa descrição simples pode-se dizer que o CDR corresponde ao “refugo” que resulta na linha de processo de um sistema de tratamento mecânico quando se faz a separação da fracção reciclável e da fracção orgânica. Neste estado o CDR não deixa de ser um resíduo no seu estado inicial, contemplando um grau de humidade acentuado, mas possuindo já intrinsecamente um poder calorífico inferior significativo. No entanto, se este CDR que contempla uma humidade acentuada e um poder calorífico significativo for objecto de uma preparação prévia ao nível da granulometria, bem como no teor em metais, teor em cloro, mercúrio, entre outros, e do seu grau de humidade, este material pode passar a comportar condições associadas a um recurso ou “produto” passível de ser objecto de valorização energética por combustão ou processo de co-incineração como uma alternativa energética á utilização de combustível fóssil. Assim, ao utilizar-se o CDR como um combustível alternativo ao combustível fóssil utilizado nas instalações passíveis de o fazer, consegue-se uma poupança significativa deste combustível não renovável, menores emissões de CO₂ e evita-se, em simultâneo, a ocupação de espaço em aterro com a consequente redução dos custos associados.

A linha de pesquisa que se adoptou nesta dissertação para os objectivos pretendidos recorre ao estudo de caso da VALNOR, uma vez que é a primeira empresa nacional do sector dos resíduos urbanos a desenvolver trabalhos de pesquisa para utilização e valorização do seu CDR numa instalação de produção de cimento, a SECIL em Outão, por co-incineração.

Existindo um protocolo de colaboração entre a VALNOR e a SECIL, esta desenvolveu um conjunto de trabalhos e ensaios laboratoriais sobre amostras recolhidas “*in situ*” em diferentes pontos da instalação da linha de compostagem e triagem multimaterial, procurando deste modo caracterizar este material em estado granel. As amostras recolhidas foram objecto de análises para avaliação do potencial do CDR, quer em termos do seu Poder Calorífico Inferior (PCI), quer em termos dos parâmetros ambientais. Assim, nesta dissertação procura-se estudar os resultados obtidos e avaliar a gama de PCI e outros parâmetros comparativamente com os de outros combustíveis fósseis, identificando-se se o CDR pode vir a substitui-los parcialmente, e deste modo ser considerado como um recurso ou “produto” no âmbito da sua valorização energética. Assim são analisados e criticados os resultados obtidos, procurando-se fundamentar os argumentos que permitam retirar uma conclusão em linha com os objectivos propostos para a dissertação.

1.3 Metodologia Geral

O Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007 - 2016 (PERSU II) veio promover a diversificação de soluções técnicas e infra-estruturas de tratamento de RU, através da adopção de unidades de valorização orgânica e de Tratamento Mecânico e Biológico (TMB), para desvio de matéria orgânica e recicláveis de aterro, permitindo assim potenciar a quantidade de resíduos a valorizar e otimizar o volume de enchimento em aterro.

Surge assim a necessidade de dar resposta a certas fracções de resíduos, subsidiárias das referidas operações de tratamento mecânico e ou biológico, tendo em perspectiva o desvio de aterro e a sustentabilidade económica dos sistemas de gestão de RU.

Estas fracções residuais, contendo um potencial calorífico não desprezável para uma valorização como CDR que pode substituir os combustíveis fósseis, traduz, desde que estejam de acordo com as normas técnicas exigidas, vantagens adicionais pela sua utilização quer em termos ambientais, quer económicas e energéticas.

Neste enquadramento, e para além da análise que se efectua ao estudo de caso da VALNOR relativamente ao conjunto de amostras retiradas e analisadas para se determinar o potencial e a viabilidade do CDR para ser aproveitado energeticamente como combustível alternativo na SECIL-Outão, considerou-se importante para esta dissertação recorrer a outros dados obtidos em outros casos Nacionais que, de igual modo, procederam a uma avaliação do potencial do CDR sobre amostras de materiais recolhidos dentro da mesma metodologia. Assim, foi possível utilizar na comparação outros resultados obtidos noutras amostras disponibilizadas com diferentes origens, nomeadamente, da ERSUC S.A., da TRATOLIXO e da AMARSUL S.A..

Com este volume de informação o universo de estudo ficou bastante alargado pois com as análises realizadas ao CDR da VALNOR, ERSUC, TRATOLIXO e AMARSUL consegue-se já uma amostragem significativa das soluções de tratamento mecânico existentes numa faixa habitacional preponderante do território nacional.

A classificação do CDR, com base nos dados retirados das amostras analisadas, toma como referência os parâmetros de PCI, teor de mercúrio (Hg) e teor de cloro (Cl). Assim, para se fazer a determinação da sua viabilidade técnico-económica, compararam-se os diferentes PCI das amostras com os PCI de três combustíveis fósseis, nomeadamente, o carvão, o fuelóleo e o petróleo. Considerando o CDR alternativa aos combustíveis fósseis, identificaram-se as vantagens ambientais e económicas associadas a essa substituição através da co-incineração, neste caso na SECIL em Outão.

1.4 Estrutura da Dissertação

A organização que se adopta nesta dissertação contempla duas partes. A primeira, constituída por dois capítulos de carácter de enquadramento estratégico e legislativo e revisão bibliográfica, e a segunda, por cinco capítulos onde se focam os aspectos inerentes ao estudo do caso da VALNOR.

Na primeira parte apresenta-se o Capítulo 1 e Capítulo 2, a saber:

- Capítulo 1 - Introdução aos aspectos inerentes à temática da dissertação;
- Capítulo 2 - Revisão bibliográfica/científica, onde se abordam as questões chave.

Na segunda parte apresentam-se cinco capítulos organizados na seguinte forma:

- Capítulo 3 - Descrição e detalhes dos casos de estudo em questão;
- Capítulo 4 - Descrição pormenorizada da metodologia adoptada;
- Capítulo 5 - Análise dos resultados obtidos;
- Capítulo 6 - Discussão dos resultados obtidos no ponto anterior;
- Capítulo 7 - Conclusões e propostas de trabalho futuro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definições e Conceitos

Segundo o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, Capítulo II, Artigo 5º, 1º parágrafo, “a gestão do resíduo constitui parte integrante do seu ciclo de vida, sendo da responsabilidade do respectivo produtor”. Essa gestão passa pela valorização energética que os resíduos podem apresentar.

Assim, e antes de se atribuir uma valorização a determinado resíduo, é primeiro necessário classificá-lo e caracterizá-lo, tendo em conta o que se refere no Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, Capítulo I, Artigo 3º, alínea u), que define como resíduo “(...) qualquer substância ou objecto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer, nomeadamente os identificados na Lista Europeia de Resíduos (LER) (...)”.

Salienta-se que os resíduos podem ainda ser classificados segundo a sua tipologia, como resíduos perigosos, resíduos industriais, RU, resíduos hospitalares, resíduos agrícolas e resíduos de construção e demolição.

Na Tabela 2.1 é feita a descrição dos diferentes resíduos de acordo com a sua tipologia segundo o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro.

Tabela 2.1 - Definição dos diferentes tipos de resíduos, segundo o D.L. n.º 178/2006

Tipo de resíduo	Definição
Resíduos Perigosos	Resíduos que apresentem, pelo menos, uma característica de perigosidade para a saúde ou para o ambiente, nomeadamente os identificados como tal na LER.
Resíduos Industriais	Resíduos gerados em processos produtivos industriais, bem como o que resulte das actividades de produção e distribuição de electricidade, gás e água.
Resíduos Urbanos	Resíduos provenientes de habitações bem como outros resíduos que, pela sua natureza ou composição, sejam semelhantes aos resíduos provenientes de habitações.
Resíduos Hospitalares	Resíduos resultantes de actividades médicas desenvolvidas em unidades de prestação de cuidados de saúde, em actividades de prevenção, diagnóstico, tratamento, reabilitação e investigação, relacionada com seres humanos ou animais, em farmácias, em actividades médico-legais, de ensino e em quaisquer outras que envolvam procedimentos invasivos, tais como acupunctura, <i>piercings</i> e tatuagens.
Resíduos Agrícolas	Resíduos provenientes de exploração agrícola e/ou pecuária ou similar.
Resíduos de Construção e Demolição	Resíduos provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações.

O Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, Capítulo I, Artigo 3º, alínea dd), define como resíduo urbano “o resíduo proveniente de habitações bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações”. Neste enquadramento, a

designação que se adopta actualmente é de RU, conforme o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro.

A Tabela 2.2 apresenta a caracterização física média dos RU, em termos de percentagem por componente.

Tabela 2.2 - Caracterização física média típica dos RU
(Fonte: APA, 2010 - B)

Componente	Percentagem (%)
Matéria Orgânica	35,90
Papel/ Cartão	23,70
Plástico	11,10
Vidro	5,60
Têxteis	3,40
Metal	2,40
Madeira	0,30
Finos	12,00
Outros	5,70
Total	100,00

De acordo com Levy e Cabeças, 2006, na composição física típica dos RU domésticos, os principais tipos de materiais são:

- Resíduos fermentáveis/putrescíveis, onde se incluem os resíduos orgânicos como os vegetais, restos de alimentos, frutas, entre outros;
- Papel e cartão constituído por jornais, livros, revistas, folhetos, embalagens de papel, cartão e compósitos, entre outros;
- Plástico onde estão incluídos garrafas e fracos de polietileno (PE), policloreto de vinilo (PVC), o politereftalato de etileno (PET), polipropileno (PP), embalagens de poliestileno expandido (EPS), filme plástico, vulgo sacos de plástico, outros tipos de embalagens e outros tipos de plásticos que não embalagens;
- Vidro que se pode dividir em vidro de embalagens e de não embalagens;
- Metais ferrosos e não ferrosos, embalagens e não embalagens;
- Têxteis sanitários onde se incluem as fraldas descartáveis, algodões, entre outros;
- Têxteis, roupa e similares utilizados no quotidiano;
- Madeira, embalagens e não embalagens;
- Combustíveis não especificados;
- Incombustíveis não especificados, tal como porcelanas de embalagens e para outros fins;
- Resíduos domésticos especiais (embalagens, pilhas e acumuladores, entre outros);
- Finos, onde estão incluídos todos os resíduos com menos de 20 mm.

A LER que consta da Portaria n.º 209/2004 de 3 de Março “assegura a harmonização do normativo vigente em matéria de identificação e classificação de resíduos, ao mesmo tempo que visa facilitar um perfeito conhecimento pelos agentes económicos do regime jurídico a que estão sujeitos”. O Código 19 12 10 diz respeito a Resíduos combustíveis, combustíveis derivados de resíduos, da LER.

Segundo a Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos, aprovada pelo Despacho n.º 21295/2009 de 26 de Agosto, do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional (MAOTDR) e do Ministério da Economia e da Investigação (MEI), publicado no Diário da República n.º 184, Série II, de 22 de Setembro, entende-se por Combustíveis Derivados de Resíduos (CDR) “o resultado do aproveitamento de rejeitados e refugos de unidades de triagem, de TM e TMB de RU com eventual mistura com fracções não recicláveis de resíduos não perigosos de origem não urbana (...) com características homogéneas e significativo poder calorífico e conteúdo biogénico, constituindo um contributo importante para a gestão sustentada de resíduos e recursos, designadamente, através do desvio de resíduos de aterro e da utilização enquanto combustível alternativo”.

A utilização de CDR visa a recuperação de energia em unidades de incineração ou de co-incineração reguladas pela legislação ambiental, com vantagem para o balanço de emissões de Gases de Efeito de Estufa (GEE), na medida em que o CDR pode substituir alguns combustíveis fósseis, dependendo o referido ganho do teor biogénico do próprio CDR e do factor de emissão de GEE associado ao combustível a substituir. As principais dificuldades são, essencialmente, a falta de regulamentação sobre requisitos de qualidade para a aquisição de confiança no mercado, a falta de aprovação de um tarifário especial e a excessiva concentração das entidades públicas, a necessidade de mais concorrência e o subaproveitamento do regime das Parcerias público-privadas (MAOTDREI, 2009).

2.2 Enquadramento Legal no domínio do CDR

O Decreto-Lei n.º 239/97 de 9 de Setembro impunha a elaboração de cinco planos de gestão de resíduos, um nacional e quatro sectoriais para cada uma das categorias de RU, hospitalares, industriais e agrícolas. Foram também criados três planos sectoriais:

- Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos para os RU;
- Plano Estratégico de Resíduos Industriais (PESGRI) para os resíduos industriais;
- Plano Estratégico dos Resíduos Hospitalares (PERH) para os resíduos hospitalares.

No entanto, estes planos revelaram ser por si só insuficientes na medida em que deveriam também criar instrumentos municipais de gestão de resíduos que permitissem concretizar aquelas orientações a um nível mais pormenorizado e assegurar um acompanhamento constante.

Relativamente ao PERSU aprovado em 1997, o balanço da sua implementação nos últimos 10 anos foi positivo na medida em que (Simplicio, 2009):

- A erradicação das lixeiras foi cumprida, mas a meta prevista para as Estações de Confinamento Técnico de RU (ECTRU) não foi conseguida na sua plenitude, pois cerca de 63% dos resíduos produzidos foram depositados em aterros sanitários, valor muito superior aos 23% definidos no Plano;
- A incineração de resíduos apresentou um valor ligeiramente inferior ao preconizado.
- A valorização orgânica atingiu os 7% dos RU e não os 25% pretendidos.
- A reciclagem apresentou um valor inferior a 25%.
- Não se verificou a redução dos RU, apesar do mesmo se encontrar neste momento abaixo dos 3% por ano previstos.

No que respeita ao PERSU II aprovado pelo Governo através da Portaria n.º 187/2007 de 12 de Fevereiro, contempla como objectivo a “reavaliação da estratégia nacional de gestão dos RU – monitorização do PERSU I – face à actual situação da Gestão, nomeadamente, a produção de resíduos, as infra-estruturas de valorização e eliminação, assim como os meios de gestão, no contexto de uma análise de custo eficácia das soluções a par da sua sustentabilidade e do enquadramento legal da gestão de resíduos, tendo em conta as orientações das políticas, a nível nacional e comunitário”. Pretende-se garantir uma adequada gestão de RU, em particular no que respeita às embalagens e resíduos de embalagens (E&RE), RUB, contribuir para a redução dos gases com GEE através do incremento de conversão do biogás de aterro em energia, estabelecer regras orientadoras dos Planos Multimunicipais, Intermunicipais e Municipais de Gestão e promover a utilização dos CDR em unidades de incineração ou em regime de co-incineração. Para o período de 2007 a 2016, o PERSU II visa, ainda, um conjunto de medidas e metas a atingir, acções a implementar e as prioridades a observar no domínio dos RU, apresentadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Eixos de intervenção e medidas de actuação do PERSU II para o período de 2007 a 2016
(Fonte: MAOTDR, 2006)

Eixos de intervenção	Medidas de actuação
Eixo I – Prevenção: Programa Nacional;	Medida 1 - Redução da Quantidade de Resíduos Produzidos
	Medida 2 - Redução da Perigosidade dos Resíduos
Eixo II - Mobilização / Sensibilização dos Cidadãos	Sensibilização dos cidadãos e dos agentes, como corolário de suporte ao paradigma “A Caminho de uma Sociedade da Reciclagem”
	Relevar o dever de cidadania individual e social;
	Reforço da educação para a gestão dos resíduos.
Eixo III - Qualificação e optimização da gestão de resíduos;	Medida 1 - Optimização dos Sistemas de Gestão de RU
	Medida 2 - Sustentabilidade dos Sistemas de Gestão de RU
	Medida 3 - Envolvimento dos Sistemas na Prossecução da Estratégia
	Medida 4 - Reforço dos sistemas ao nível de infra-estruturas e equipamentos
	Medida 5 - Reforço da Reciclagem
	Medida 6 - Reforço da investigação e do marketing no domínio da reciclagem
	Medida 7 - Estabelecimento de Critérios de Qualidade para materiais reciclados, composto e CDR/CSR
	Medida 8 - Abertura do mercado de gestão das infra-estruturas de tratamento de resíduos
Eixo IV – Sistema de Informação como pilar de gestão dos RU;	Implementação do SIRER - Sistema Integrado de Gestão Electrónica de Resíduos.
	Criação de Bases de Dados de articulação entre sistemas.
	Promoção de formas mais expeditas de recolha, validação e divulgação da informação estatística sobre resíduos (em articulação com o SIRER).

Em Janeiro de 2010, é elaborado o segundo Relatório Anual de Acompanhamento de 2008 do PERSU II. Este relatório foi preparado pelo Instituto Regulador de Águas e Resíduos (IRAR, que a partir de 2 de Outubro de 2009 foi redenominado Entidade Reguladora de Serviços de Águas e Resíduos, I.P. (ERSAR, I.P.), através da publicação do Decreto-Lei n.º 277/2009 de 2 de Outubro), enquanto entidade responsável pela regulação económica e da qualidade do serviço de gestão de resíduos, e pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), enquanto Autoridade Nacional de Resíduos.

Neste relatório consta o acompanhamento da evolução do sector e do cumprimento dos objectivos estabelecidos no PERSU II, assim como as principais tendências de evolução esperadas e as conclusões e recomendações consideradas relevantes, nomeadamente (APA, 2010 –C):

- “A produção de RU tem vindo, assim, a diminuir, conforme previsto no PERSU II. Foram produzidas 5,06 milhões de toneladas de RU, ou seja, menos 52 mil toneladas em comparação com 2007;
- Em relação às opções de gestão de RU, manteve-se a tendência dos anos anteriores, com 65% de deposição directa em aterro, 19% de valorização energética, e o restante encaminhado para valorização orgânica ou material,

- A recolha selectiva de resíduos de embalagens urbanos registou um aumento de 14% em relação a 2007. Por outro lado, a quantidade global de resíduos de embalagens reciclados apresentou um desvio de 7% em relação à meta estabelecida pelo PERSU II.”

Uma vez que as metas do PERSU II, para 2008, no que respeitava à valorização/reciclagem não foram cumpridas, o Relatório sugere uma análise crítica das medidas/acções adoptadas ou a adoptar neste domínio, tendo em vista o cumprimento dos objectivos comunitários para 2011.

Em 2009 foi então elaborada a Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos, aprovada pelo Despacho n.º 21295/2009 de 26 de Agosto do MAOTDR e MEI, publicado no Diário da República n.º 184, 2.ª Série de 22 de Setembro, que tinha como objectivo a “operacionalização das medidas preconizadas no PERSU II para a dinamização do mercado dos CDR, no horizonte temporal compreendido entre 2009 e 2020”, e também promover a gestão sustentável de resíduos e recursos, dar destino às fracções resultantes de TM e TMB e triagem de RU, diminuir a dependência energética externa e, de uma maneira geral, desviar resíduos de aterro.

A estratégia preconizada em Portugal continental, para a dinamização do mercado dos CDR, consiste na concretização das medidas preconizadas no PERSU II para o horizonte compreendido entre 2009 e 2020. Foi desenvolvida dentro das políticas ambientais, indústria e energia, bem como das tendências de evolução no contexto nacional, comunitário e internacional, designadamente, no que respeita a instrumentos estratégicos, legislativos e normativos ao nível científico e tecnológico. Neste enquadramento, foram delineados quatro eixos estratégicos de intervenção aos quais se associa um conjunto de medidas de actuação, conforme se sistematiza na Tabela 2.4 (MAOTDREI, 2009).

Tabela 2.4 - Eixos estratégicos de intervenção e medidas de actuação para a valorização do CDR
(Fonte: MAOTDREI, 2009)

Eixos de intervenção	Medidas de actuação	Horizonte	Responsabilidade
Potencializar a valorização dos resíduos e utilização de recursos energéticos endógenos de modo a minimizar a quantidade de resíduos a depositar em aterro	Assegurar o cumprimento do PERSU II no que respeita a infraestruturas de gestão de resíduos	2010	Sistemas Gestão RU
	Potenciar a valorização da fracção resto e optimizar a produção de CDR	2012	Sistemas Gestão RU
	Fortalecer os instrumentos económicos e financeiros (taxa de gestão de resíduos e tarifário eléctrico)	2012	Administração Central
Assegurar a harmonização na oferta e procura de CDR	Inibir a deposição de CDR em aterro	2013	Administração Central e Regional
	Evidenciar compromissos formais para a valorização de CDR	2009	Sistemas Gestão RU
	Reforçar os instrumentos legais e de regulação	2010	Administração Central e Regional
	Promover a simplificação administrativa no licenciamento da produção de CDR	2009-2020	Administração Regional
Concretizar os princípios de auto-suficiência e da proximidade	Concretizar o princípio da auto-suficiência e da proximidade	2009-2020	Não atribuída
Desenvolver o conhecimento e a inovação tecnológica promovendo a competitividade e a qualificação dos intervenientes	Desenvolver ensaios e estudos piloto	2009-2020	Sistemas Gestão RU
	Promover acções de informação, sensibilização e comunicação		Administração Central
	Assegurar a monitorização e recolha de informação		Administração Central
	Acompanhar e participar no desenvolvimento da matéria a nível comunitário		Administração Central

Todas as medidas de intervenção assentam no princípio da valorização do CDR como um recurso ou “produto”, salvaguardando-se a linha estrutural suportada na hierarquia da gestão de resíduos. Neste princípio acresce também o Decreto-Lei n.º 183/2009 de 10 de Agosto, onde se estabelece o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, as características técnicas e os requisitos a observar na concepção, licenciamento, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros, bem como os objectivos claros de redução dos RUB destinados aos aterros.

Como os CDR são indissociáveis do aproveitamento energético subsequente à sua produção, importa estabelecer o enquadramento do CDR no domínio da estratégia para a energia, quer a nível nacional quer comunitário. A Directiva 2001/77/CE, relativa à dinamização da electricidade produzida a partir das fontes de energia renováveis, veio estabelecer valores de referência a ter em consideração para a fixação das metas indicativas nacionais dos Estados Membros, dando orientações concretas na promoção de electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis;

- No âmbito da política comunitária para a energia conseguir-se aumentar o peso das energias renováveis até 2020;
- Reduzir as emissões de CO₂ e melhorar a eficiência energética em 20%.

No contexto da revisão da Directiva Renováveis, Directiva 2001/77/CE, o objectivo para 2020, é que 31% do consumo bruto de energia final venha a ser suportado com recurso à utilização de energia de fontes renováveis (APA, 2010 - A).

No que respeita ao CDR, a futura directiva relativa a renováveis, tal como a directiva ainda em vigor, só considera renovável a fracção biogénica dos resíduos que engloba madeira, papel, fibras, matéria orgânica e têxteis. Isto acontece porque a componente fóssil presente no fluxo final de produção de resíduos é ainda relevante. Como a aposta na energia eléctrica proveniente de fontes de energia renovável é um objectivo prioritário, foram definidas metas sectoriais para a sua produção, salientando-se que para as centrais termoeléctricas a carvão se considerou a substituição, entre 5% e 10%, deste combustível por biomassa ou CDR, valor este que foi considerado para efeitos de cálculo de licenças de emissão a atribuir no âmbito do Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE) para 2008-2012 (Directiva 2001/77/CE).

Contudo, para a classificação do CDR, é necessário que este esteja suportado em normas técnicas de regularização europeia. O Comité Europeu de Normalização (CEN) é a entidade que promove, através dos seus serviços, a plataforma para o desenvolvimento de normas europeias e outras especificações técnicas. O CEN é a única organização europeia reconhecida nos termos da Directiva 98/34/CE, para o planeamento, elaboração e adopção de normas europeias em todas as áreas da actividade económica, com excepção da Electrotécnica (CENELEC - *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*) e Telecomunicações (ETSI - *European Telecommunications Standards Institute*), (CEN, 2010).

Neste particular do CDR, a 21 de Fevereiro de 2006, foi aprovada a Especificação Técnica (CEN/ TS) como aplicação provisória. O período de vigência da CEN/ TS foi inicialmente limitado a três anos, tendo sido os membros do CEN convidados a apresentar as suas observações ao fim de dois anos.

O objectivo desta Especificação Técnica é fornecer uma classificação inequívoca e clara dos princípios da especificação do CDR. A Especificação Técnica visa permitir que o CDR possa ser aceite no mercado de combustível, aumentar a confiança do público e também facilitar o bom relacionamento entre vendedor e comprador, a aquisição, os movimentos transfronteiriços, a utilização e o controlo, bem como uma boa comunicação com os fabricantes de equipamentos, facilitando os procedimentos de autorização e a elaboração de relatórios sobre o uso de combustíveis a partir de fontes de energia renováveis, para além de outras questões ambientais (CEN/TS 15359, 2006).

Em 2008, a Norma Europeia deu origem à Norma Portuguesa NP 4486, que tem como objectivo enquadrar a produção, em Portugal, de CDR através da definição dos principais conceitos chave dos critérios de classificação, dos parâmetros físicos e químicos envolvidos na gestão da qualidade e das metodologias de caracterização física e química. A NP 4486 combina os requisitos de enquadramento das classes definidas na norma CEN/TS 15359:2006 com os respectivos métodos de ensaio e gestão da qualidade e encontra-se de acordo, nas partes comuns, com a legislação em vigor em Portugal (NP 4486, 2008).

2.3 Enquadramento Legal para as Emissões de CO₂

Em Março de 1994 entrou em vigor a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (CQNUAC) que tinha como objectivo a estabilização das concentrações na atmosfera de GEE a um nível que evitasse uma interferência antropogénica perigosa com o sistema climático. Esta Convenção obrigava todos os seus signatários a estabelecer programas nacionais de redução das emissões de GEE e a apresentar relatórios regulares, exigindo também que os países signatários industrializados, por oposição aos países em desenvolvimento, estabilizassem até 2000 as suas emissões de GEE aos níveis de 1990. Este objectivo não era, todavia, vinculativo (Nações Unidas, 1992).

Segundo Nações Unidas, 1998, foi largamente reconhecido, em 1994, que os compromissos iniciais da CQNUAC não seriam suficientes para sustentar o aumento global das emissões de GEE, daí que em Dezembro de 1997, os Governos deram mais um passo e aprovaram um protocolo à CQNUAC - o Protocolo de Quioto (PQ), que entrou em vigor em Fevereiro de 2005.

O PQ estabelecia limites juridicamente vinculativos para as emissões de GEE em países industrializados e previa mecanismos de implementação inovadores baseados no mercado com vista a manter os custos da contenção das emissões a um nível tão baixo quanto possível. Ao abrigo do PQ os países industrializados deveriam reduzir as suas emissões de seis GEE, CO₂ o mais importante, metano (CH₄), óxido nitroso, hidrofluorcarbonetos, perfluorcarbonetos e hexafluoreto de enxofre, em média 5% relativamente aos níveis de 1990 durante o primeiro “período de cumprimento” 2008 a 2012. Contudo, não foram fixados objectivos em matéria de emissões para os países em desenvolvimento (Nações Unidas, 1998).

Na União Europeia, o objectivo de redução de 8% das emissões foi distribuído entre os diferentes países nela integrados. No entanto, tendo em conta a situação económica, social e geográfica de cada país, foi celebrado um Acordo de Partilha de Responsabilidades entre os diferentes Estados-Membros, o que fez que os limites e esforços exigidos aos países fossem diferenciados. Assim,

Portugal poderia aumentar as suas emissões de GEE em 27% até ao final do primeiro período de cumprimento (2012), (CQNUAC, 1997).

Contudo, segundo o REA 2009, em 2005 as emissões de GEE em Portugal foram estimadas em 84,5 Mt CO₂eq., representando um aumento de 41% quando comparado com o ano de referência (1990). De facto, as emissões de GEE aumentaram significativamente, desde 1990, em média 3% ao ano até 2005, ano a partir do qual se registou um decréscimo médio anual igualmente de 3%. Já em 2008 as emissões de GEE situaram-se em cerca de 30% acima do valor de 1990, face à Quantidade Atribuída, ou seja, aproximadamente 3% acima da meta estabelecida por Portugal para 2008-2012. Foram os sectores da produção e transformação de energia e dos transportes as principais actividades antropogénicas responsáveis pelas emissões de GEE, totalizando ambas cerca de 50% do total.

Em 2008, comparando Portugal com os restantes países da UE-27, Portugal foi o 4º país que registou o maior aumento de emissões de GEE, cerca de 44% acima da média europeia, tendo, contudo, ocupado o 7º lugar dos países da UE-27 com menores capitações de GEE (APA, 2009), conforme os dados que se apresentam na Figura 2.1.

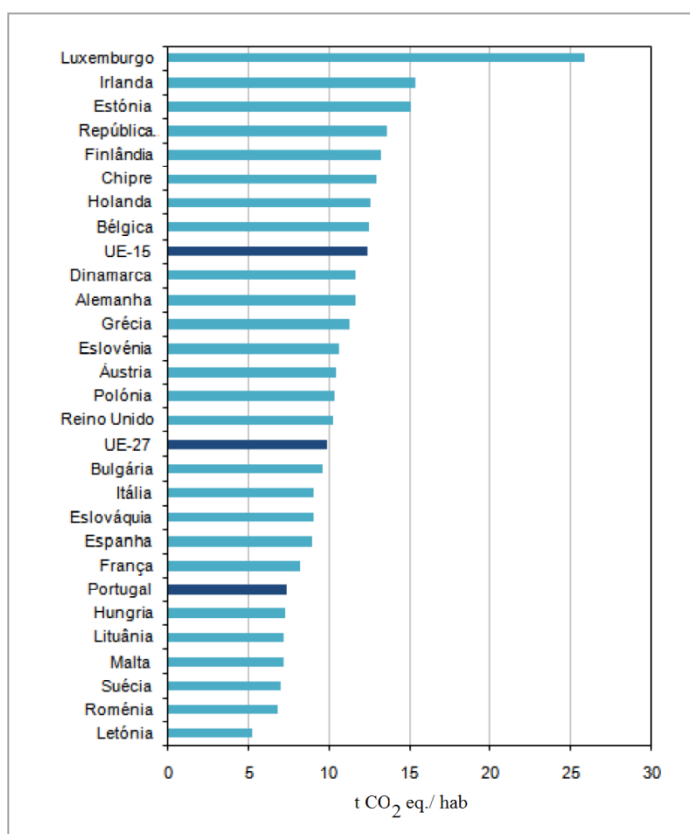


Figura 2.1 - Emissões de GEE na UE-27, *per capita*, em 2008
(Fonte: APA, 2009)

De acordo com o REA 2009, a intensidade carbónica em Portugal foi, em 2008, de 390 t CO₂ eq./10⁶ Euros de PIB ppc (Paridade do Poder de Compra). Conforme os dados registados nas Figuras 2.2 e

2.3, pode notar-se uma tendência decrescente da intensidade carbónica no período 1998-2008, tendo alcançado em 2008 um valor inferior à média da UE-27 (395 t CO₂ eq./10⁶ euros de PIB ppc). Esta tendência traduziu as alterações registadas no modelo energético nacional para formas de energia menos intensivas em carbono, em especial, pelo maior peso de energias renováveis.

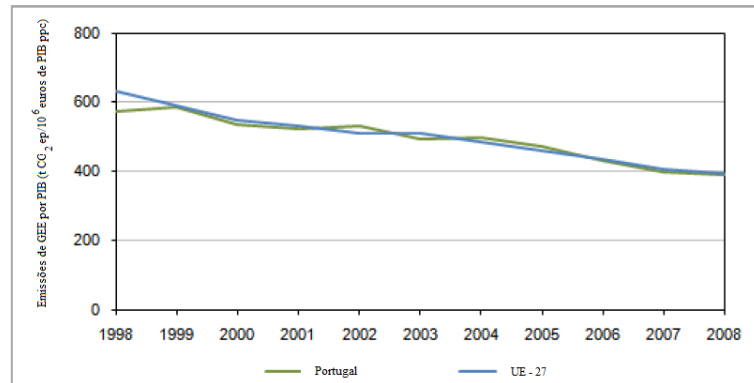


Figura 2.2 - Intensidade Carbónica da Economia, em Portugal e na EU-27
(Fonte: APA, 2009)

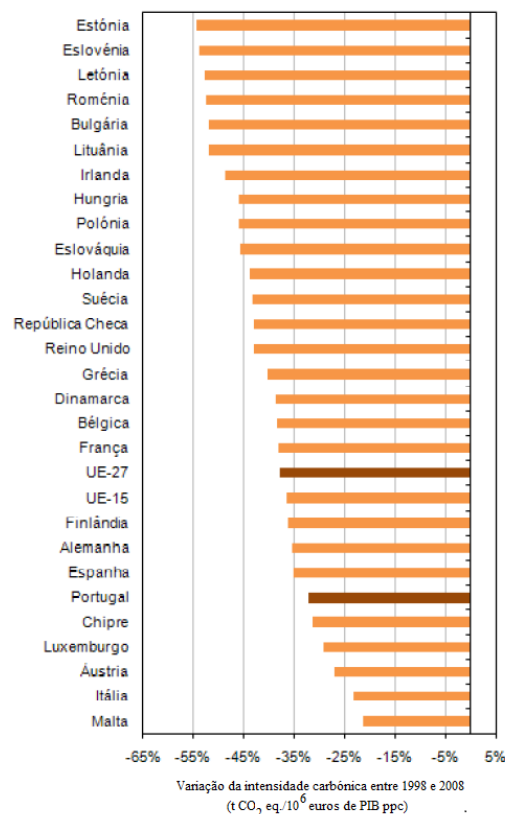


Figura 2.3 - Variação da intensidade carbónica, entre 1998 e 2008, na UE-27
(Fonte: APA, 2009)

Ainda recorrendo à leitura da Figura 2.3, é possível observar que, em 10 anos, apenas os sete primeiros países listados, Estónia, Eslovénia, Letónia, Roménia, Bulgária, Lituânia e Irlanda conseguiram reduzir as suas emissões a metade. Em média, a UE-27 reduziu cerca de 40% das suas

emissões tendo Portugal reduzido cerca de 33%. Em último lugar o país que apresenta menores reduções é Malta.

De acordo com o REA 2009, face aos dados apresentados, é importante a estabilização das fontes emissoras de CO₂, uma vez que os processos naturais de balanço deste gás são insuficientes para compensar o aumento das emissões.

A Directiva 2003/87/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 13 de Outubro de 2003 criou um regime de comércio de licenças de emissão de GEE na União Europeia. Esta Directiva constituiu o primeiro instrumento de mercado intra-comunitário de regulação das emissões de GEE.

O Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) entrou em vigor em Janeiro de 2005, por um período de três anos, seguindo-se-lhe períodos de vigência de cinco anos. No primeiro período de vigência o CELE abrangeria apenas as instalações que emitissem CO₂, de acordo com as condições de elegibilidade constantes do Anexo I daquela Directiva (ME & MCOTA, 2004).

Quanto às instalações de combustão foram consideradas todas as instalações com potência térmica nominal superior a 20 MWt que fornecessem um produto energético para utilização noutro ponto da instalação ou fora dela. Assim, as instalações abrangidas tiveram que entregar, anualmente, à autoridade nacional competente, definida no art.º 18º da Directiva, um volume de Licenças correspondente às emissões efectuadas no ano anterior. No cumprimento das suas obrigações e de acordo com a sua estratégia relativamente à emissão dos GEE abrangidos, os operadores poderiam comprar ou vender Licenças no mercado europeu (Directiva 2003/87/CE).

Portugal iniciou, em 2000, os trabalhos de preparação do Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), tendo em vista a definição da estratégia para o cumprimento das metas acordadas no PQ e no acordo de partilha de responsabilidades da União Europeia. Segundo estes acordos, Portugal teria como objectivo, no período 2008-2012, não ultrapassar em mais de 27% as emissões de GEE, registadas em 1990. No PNAC foram projectadas as emissões de GEE para 2005 e 2010, para dois cenários de referência um cenário “alto” e um cenário “baixo”, que incluíam o impacto esperado das políticas e medidas em vigor. De acordo com estes cenários, segundo o Balanço do progresso do PNAC - 2008, as emissões de GEE, esperadas para 2010, atingiram 88.8 MtCO₂eq. (cenário alto) e 84.7Mt de CO₂eq. (cenário baixo), o que se traduziu num acréscimo, em relação às emissões de 1990, de 47.5% (mais 12.5 MtCO₂eq. em relação à meta do PQ) e 40.7% (mais 8.4MtCO₂eq.), respectivamente, face a cada um dos cenários (MAORTDR, 2008).

De acordo com ME & MCOTA, 2004, o período 2008-2012 do CELE obrigou à definição de novas condições de atribuição gratuita de licenças, através do PNALE II, com um volume previsto de licenças de emissão de 174,05 Mt CO₂ (34,81 Mt CO₂/ano, 40% do total de emissões anuais previstas

pelo PQ para Portugal), das quais 152,5 Mt CO₂ (30,5 Mt CO₂/ano) destinavam-se às 212 instalações já existentes e 21,5 Mt CO₂ (4,3 Mt CO₂/ano) destinavam-se à reserva para novas instalações. Assim, o montante anual de licenças de emissão previsto a atribuir para este período foi inferior em 9% ao do PNALE I.

No primeiro ano de aplicação do PNALE II, 2008, a atribuição efectiva de licenças de emissão gratuitas foi também marginalmente inferior à atribuição prevista, correspondendo a 99,5%, em resultado de não terem sido atribuídas licenças de emissão aos operadores CELE, abrangidos pelo regime da Prevenção e Controlo Integrados da Poluição (PCIP), que não dispunham de licença ambiental. As indústrias de produção de energia, com destaque para as centrais termoeléctricas e as instalações de cimentos e cal foram as que, no âmbito das actividades pertencentes ao regime do CELE, mais emissões de CO₂ produziram, com 53% e 23% do total, respectivamente (ME & MCOTA, 2004).

Em 2009 foi lançado o sistema nacional de previsão “Cumprir Quioto”, cujo sítio na internet www.cumprirquioto.pt, disponibiliza, publicamente, estimativas sobre as perspectivas de cumprimento e/ou desvios perante os compromissos nacionais assumidos no âmbito do PQ. Compreende, também, a monitorização e avaliação da execução de várias componentes e respectivos indicadores, das quais se destacam as políticas e medidas nacionais, PNAC, e o mercado de carbono, Fundo Português de Carbono, (APA, 2009).

De acordo com ME & MCOTA, 2004, o Fundo Português de Carbono é o instrumento financeiro do Estado Português que visa a aquisição de créditos de carbono ao abrigo dos mecanismos de flexibilidade previstos pelo PQ, designadamente o mecanismo de desenvolvimento limpo, o mecanismo de implementação conjunta e o comércio internacional de licenças de emissão.

A Conferência das Partes, COP 15, ocorreu, em 2009, na Dinamarca e, apesar de não ter sido possível adoptar um acordo jurídico internacional para o pós-2012, foi assinado o Acordo de Copenhaga. Este incluía, pela primeira vez, propostas de compromissos de limitação ou redução de emissões para um número significativo de países e para todas as principais economias, que representavam mais de 80% das emissões globais de GEE. Na última conferência realizada no México, COP 16, a UE-27 manteve a posição de que apenas um acordo suficientemente abrangente e de natureza jurídica seria a única forma eficaz de atingir efeitos de mitigação desejáveis.

É o PNALE que estabelece a quantidade total de licenças de emissão a atribuir pelo Estado Português e o respectivo método de atribuição. O PNALE, para o segundo período estabelecido, de 1 Janeiro de 2008 a 31 Dezembro de 2012, foi submetido à Comissão Europeia para aprovação (ME & MCOTA, 2004).

A Licença de Emissão de Gases com Efeito de Estufa é a unidade a ser transaccionada no âmbito do CELE e equivalente a uma tonelada equivalente de dióxido de carbono ($t\ CO_2\ eq.$) (APA, 2011).

Num sistema de comércio de licenças de emissão poderão ser estabelecidos objectivos de redução de emissões aos participantes com a respectiva atribuição de licenças de emissão. No final de cada período, os participantes devem assegurar que possuem um número suficiente de licenças de emissão para cobrir as suas efectivas emissões anuais. No caso de as não possuir poderão ir comprar licenças de emissão a outros participantes, que não necessitaram de utilizar as licenças todas a si atribuídas, para atingir os seus objectivos de redução nas emissões, de acordo com APA, 2011.

As Licenças de Emissão, atribuídas às instalações, concedem-lhes o direito de emitir uma quantidade de emissões de gases com efeito de estufa equivalente ($t\ CO_2\ eq.$), durante um determinado período. Para efeitos de cumprimento, e no final de cada período estabelecido, cada instalação deve devolver um número de licenças de emissão suficientes para cobrir as suas efectivas emissões durante esse mesmo período (ME & MCOTA, 2004).

Quanto à utilização de Biomassa, esta apresenta benefícios ambientais de combate à emissão de GEE, já que, esta absorve, exactamente, a mesma quantidade de CO_2 que é, posteriormente, emitida durante a sua combustão, resultando num balanço neutro de CO_2 . Assim, a Biomassa tem um papel fundamental no que diz respeito a reciclagem do carbono atmosférico, não contribuindo para o efeito estufa. Muitos são os países europeus que têm, também, apostado na bioenergia, integrando-a nas suas políticas energéticas e climáticas nacionais. A Figura 2.4 indica, em termos percentuais, a taxa de substituição de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos em alguns países europeus, entre 2001 e 2003 (Gamito, 2008).

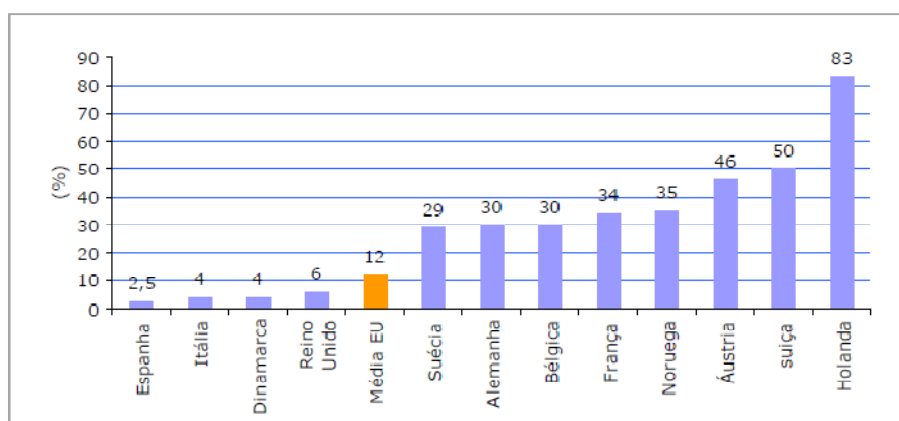


Figura 2.4 - Taxa de substituição de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos na Europa entre 2001 e 2003
(Fonte: Gamito, 2008)

Países como a Alemanha, o Reino Unido, a Suíça, a França e a Suécia, efectuaram já a valorização de todo o tipo de resíduos (Abreu, 2010).

2.4 Caracterização da situação dos resíduos, em Portugal Continental em 2009

O Mapa de Registo de Resíduos Urbanos (MRRU) cujo preenchimento é efectuado através do Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente (SIRAPA) resultou da obrigatoriedade instituída pelo Artigo 48.º do Decreto-Lei n.º 178/2006. Em 2009 foi preenchido por 29 Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos.

Os dados administrativos do Sistema de Gestão de Informação sobre Resíduos (SGIR) eram organizados pelo antigo Instituto dos Resíduos para os anos de 2004 a 2007. Já os dados do novo SIRAPA, passaram a ser organizados pelo MRRU para os anos de 2008 e 2009 (APA, 2010 – B).

Em comparação com o ano de 2008, o ano de 2009 revelou uma diminuição dos quantitativos de resíduos encaminhados para aterro, que correspondeu a cerca de 3,5%, assim como um aumento de 1,7% dos quantitativos encaminhados para incineração. Quanto aos encaminhados para valorização orgânica, registou-se um aumento de cerca de 0,8% e um aumento de cerca de 1,3% da recolha selectiva. A produção total de RU em Portugal Continental, no ano 2009 foi, aproximadamente, de 5184000 toneladas (APA, 2010).

As quantidades de RU produzidas em Portugal e respectivos destinos estão apresentados na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Quantidades em toneladas (t) de RU produzidos em Portugal Continental em 2009 e respectivos destinos finais
(Fonte: APA, 2010)

5184592 t RU	87% Recolha Indiferenciada 4509029 t RU	71% Aterro 3200000 t RU, 62% do total de resíduos gerados
		21% Incineração 959000 t RU, 5% do total de resíduos gerados
		8% Valorização Orgânica 418000 t RU, 8,1% do total de resíduos gerados
	13 % Recolha Selectiva 676000 t RU	89% Resíduos de Embalagens papel/cartão, vidro e pilhas recolhidos através da rede de ecopontos, porta-a-porta, ecocentros e através de circuitos especiais. 607000 t RU, 11,7% do total de resíduos gerados. Deste quantitativo, cerca de 66% diz respeito à recolha multimaterial, tratando-se assim de 398 mil toneladas de resíduos recolhidos em ecopontos e porta-a-porta.
		11% RUB para Valorização Orgânica VO selectiva + Rejeitados da VO selectiva.

A Tabela 2.6 apresenta a população residente, a produção total de RU e a capitação, em Portugal continental, entre 2005 a 2009. Entre 2008 e 2009 verificou-se um ligeiro crescimento de RU, cerca de 0,59%, correspondendo a mais de 30000 toneladas de RU produzidos.

Tabela 2.6 - População residente, produção de RU e capitação, em Portugal Continental entre 2005 e 2009
(Fonte: INE, SIRAPA 2010)

	População (hab)					Total de RU (t)				
	2009	2008	2007	2006	2005	2009	2008	2007	2006	2005
Portugal Continental	10 144 940	10 135 309	10 126 880	10 110 271	10 082 154	5 184 592	5 154 434	4 648 222	4 641 103	4 470 869
Variação Anual (%)	0,10	0,08	0,16	0,28	0,38	0,59	10,89	0,15	3,81	1,75
Capitação (kg/hab.ano)	511,05	508,56	458,99	459,05	443,44					

Na Figura 2.5 está representada essa evolução no período de 2005 a 2009.

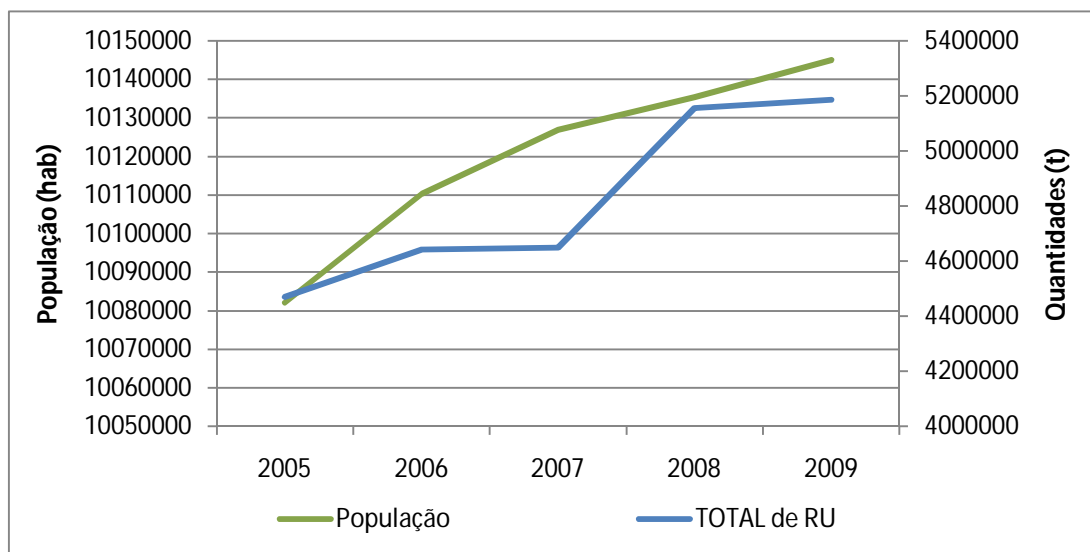


Figura 2.5 - População residente, produção de RU, em Portugal Continental entre 2005 e 2009

Verificou-se que a capitação anual em 2009 foi de 511 kg/hab.ano, o que correspondeu a uma produção diária de RU de 1,4 kg por habitante, evidenciando uma estabilização relativa face ao ano anterior (Tabela 2.6). Alguma diferença verificada, entre os anos de 2007 e 2008, ficou a dever-se às plataformas informáticas de registo que evoluíram no sentido de proporcionar uma melhor qualidade dos dados obtidos.

Pela interpretação dos dados, Tabela 2.7 e Figura 2.6, que abaixo se apresentam, é possível concluir que entre o ano de 2005 e 2009, houve um aumento da quantidade de resíduos obtidos, independentemente do seu destino. A maioria dos resíduos foi para aterro, a outra parte foi para valorização energética e reciclagem e só uma pequena parte foi para valorização orgânica.

Tabela 2.7 - RU produzidos em tonelada: total e por tipo de operação de destino
(Fonte: PORDATA, INE-APA/MAOT - Estatísticas dos Resíduos Municipais, 2010)

Ano	Tipo de operação de destino				
	Aterro	Valorização energética	Valorização orgânica	Reciclagem	Total
2005	(R) 2 838 373	(R) 937 102	(R) 310 433	(R) 384 961	(R) 4 470 869
2006	3 040 953	854 578	298 600	446 973	4 641 104
2007	3 014 311	825 938	318 269	489 703	4 648 221
2008	3 372 505	869 262	377 175	535 492	5 154 434
2009	3 200 676	958 883	418 404	606 629	5 184 592

(R) Dados rectificadados pela entidade responsável

Aterro = Directo + Rejeitados da Valorização Energética enviados para Aterro + Rejeitados da Valorização Orgânica enviados para Aterro

Valorização Energética = Directo – Rejeitados da Valorização Energética + Rejeitados da Valorização Orgânica (Indiferenciada) enviados para Valorização Energética

Valorização Orgânica = Valorização Orgânica (Indiferenciada) + Valorização Orgânica (Selectiva)

Recolha Selectiva OG = Recolha Selectiva Multimaterial + Recolha em Ecocentros + Rejeitados da Valorização Orgânica de RUB

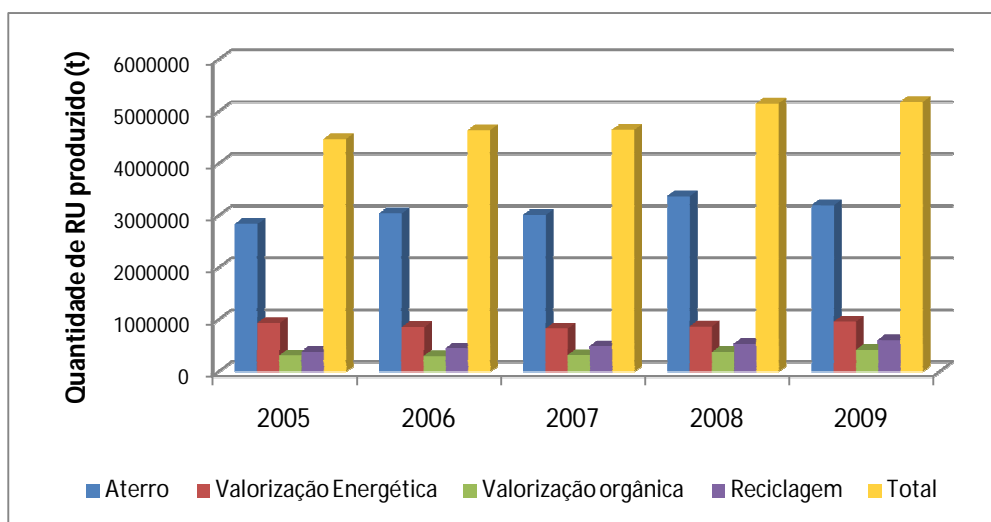


Figura 2.6 - RU produzidos em tonelada: total e por tipo de operação de destino
(Fonte: PORDATA, INE-APA/MAOT - Estatísticas dos Resíduos Municipais, 2010)

Segundo a EUROSTAT 2010, conforme Tabela 2.8, em 2008, a UE-27 produziu um total de mais de 2 mil milhões de toneladas de resíduos. Portugal registou uma produção de resíduos no valor de cerca de 36,5 milhões de toneladas.

No que diz respeito à produção de RU, a UE-27 produziu um total de, aproximadamente, 201,7 milhões de toneladas, estando no topo da lista o Reino Unido com uma produção de 43700567 toneladas de resíduos. Portugal registou a produção mais baixa, no valor de cerca de 7,9 milhões de toneladas.

A discrepância entre o valor, apresentado pela EUROSTAT para Portugal, mais de 7 milhões de toneladas de RU produzidos, e o registado pela APA, mais de 5 milhões, é, provavelmente, justificada pelo facto da EUROSTAT classificar RU e outros semelhantes na mesma categoria. Ainda para o mesmo ano, segundo a EUROSTAT, a UE-27 tratou cerca de 2,6 mil milhões de toneladas de resíduos totais e Portugal tratou, aproximadamente, 22,0 milhões de toneladas.

Tabela 2.8 - Quantidades em toneladas (t) de RT e RU produzidos e tratados em 2008
(Fonte: adaptado de EUROSTAT, 2010)

País	Produção (t)			Tratamento (t)			
	Total Resíduos	RU	(% ¹)	Total Resíduos	(% ²)	RU	(% ³)
UE-27	2 605 030 000	201 720 000	7,74	2 381 680 000	91,43	144 770 000	71,77
Alemanha (*)	372 796 353	20 806 297	5,58	367 256 297	98,51	14 391 561	69,17
Itália	179 034 461	26 189 697	14,63	127 894 045	71,44	18 713 088	71,45
França	345 002 210	23 921 420	6,93	322 629 314	93,52	19 654 210	82,16
Reino Unido	334 127 092	43 700 567	13,08	316 991 407	94,87	21 971 816	50,28
Portugal	36 479 845	7 888 216	21,62	22 043 816	60,43	6 643 761	84,22

(*) Inclui a antiga República Democrática Alemã desde 1991

(%¹) – Percentagem de RU produzidos em relação ao Total de Resíduos

(%²) – Percentagem de Total de Resíduos Tratados

(%³) – Percentagem de RU Tratados

Sintetizando, é possível observar que:

- A UE-27, do total de Resíduos produzidos, foram tratados, aproximadamente, 91%;
- A UE-27, do total dos RU produzidos, foram tratados, aproximadamente, 72%;
- Do total de Resíduos produzidos em Portugal foram tratados, cerca de 60%
- Do total dos RU produzidos em Portugal foram tratados, cerca de 84%
- Em 2008, nestes cinco países e no conjunto da UE-27, mais de metade dos RU produzidos foram tratados.

2.5 Combustíveis Derivados de Resíduos

2.5.1 Definição de CSR e CDR

Do inglês *RDF – refused derived fuel* tem como designação genérica os combustíveis obtidos a partir de resíduos, não obedecendo a características técnicas específicas. Para dotar os CDR de uma classificação baseada em critérios técnicos específicos a Comissão Europeia elaborou um conjunto de normas para este combustível, designado por Combustível Sólido Recuperado (CSR) (*Solid Recovered Fuel*, SRF, na terminologia anglo-saxónica) (CEN/TS 15357: 2006).

O CSR trata-se, de acordo com a especificação CEN/TS 15357 de 2006, de um combustível sólido preparado a partir de resíduos não perigosos a ser utilizado para recuperação de energia em instalações de incineração ou co-incineração e que cumpre os requisitos de classificação e especificações preconizados na especificação técnica CEN/TS 15359 de 2006.

Os resíduos a utilizar para obter CDR podem ter origem em RU, resíduos industriais banais (RIB), resíduos de construção e demolição (RCD), e ainda em lamas produzidas, quer de abastecimento de água potável, quer de saneamento básico em estações de tratamento. De acordo com a especificação técnica CEN/TS 15357 de 2006 é o combustível sólido preparado a partir de resíduos não perigosos, a ser utilizado para recuperação de energia em instalações de incineração ou co-incineração e que cumprem os requisitos de classificação e especificações preconizadas na especificação técnica CEN/TS 15359 de 2006. A especificação refere ainda:

- o Os biocombustíveis sólidos excluídos da Directiva Incineração (2000/76/EC) não estão incluídos no âmbito desta definição, estando abrangidos pelo Comité Técnico CEN/TC 335 "*Solid Biofuels*";
- o O RU não tratado está excluído desta definição.

O CDR tem sido largamente utilizado como combustível de substituição em várias instalações de co-incineração. Outras definições utilizadas para CDR são (Archer *et al*, 2005):




- Combustível produzido por separação, fragmentação e processamento de resíduos mistos;
- Combustível preparado por separação de RU e processamento da fracção com maior poder calorífico em *pellets* de uso comercial;
- Resíduos que tenham sido parcialmente separados e classificados previamente à sua queima.

2.5.2 Classificação de CDR

As propriedades de especificação obrigatória são o código da classe, a origem, a forma das partículas, o conteúdo em cinzas, o teor em humidade, o poder calorífico e as propriedades químicas. As propriedades de especificação voluntária são o conteúdo em biomassa, a composição física e ainda outras propriedades físicas e químicas cuja especificação não seja obrigatória (CEN/TS 15359: 2006).

O CDR, tendo em conta a padronização necessária para uma classificação das suas propriedades quanto à forma, pode ser classificado conforme Tabela 2.9 que se apresenta.

Tabela 2.9 - Formas de CDR e sua descrição

Forma	Descrição	Exemplo
Fluff	Material solto de baixa densidade que tem a característica de ser transportado pelo ar (CEN/TS 15357:2006)	 [1]
Pellets	Produzido por aglomeração de material solto em cubo, disco ou cilindro, cujo diâmetro é geralmente inferior a 25mm (CEN/TS 15357:2006)	 [2]
Briquette	Bloco ou cilindro produzido por aglomeração de material solto cujo diâmetro é geralmente superior a 25 mm (CEN/TS 15357:2006)	 [3]

Fonte: [1] AMB Group Company, [2] Wikimedia Commons, [3] RICTEC - Recycling, Waste Reduction & Waste Management

A qualidade do CDR, de acordo com a especificação técnica CEN/TS 15359:2006, é avaliada através da análise de três parâmetros fundamentais, nos quais se baseia o sistema de classificação:

- PCI – Poder Calorífico Inferior;
- CI – Teor em Cloro;
- Hg – Teor em Mercúrio.

Quanto ao sistema de classificação, este assenta nos valores limites para as três propriedades atrás citadas, as quais se encontram divididas em cinco classes. A classificação é determinada pela atribuição de um número, numa escala de 1 a 5 respeitante a cada parâmetro, apresentando-se na tabela seguinte os valores limites para cada um dos parâmetros que classificam um CDR.

Tabela 2.10 - Sistema de classificação dos CDR
(Fonte: NP 4486 de 2008)

Parâmetro	Medida Estatística	Unidade	Classes				
			1	2	3	4	5
PCI	Média	MJ/kg (tal como recebido)	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Teor em CI	Média	% (base seca)	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3
Teor em Hg	Mediana	mg/MJ (tal como recebido)	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,50
	Percentil 80	mg/MJ (tal como recebido)	≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,16	≤ 0,30	≤ 1,00

As características ideais que um CDR deve apresentar são:

- Maximização do rendimento térmico da sua combustão (parâmetro PCI);
- Baixo efeito de corrosão dos órgãos da caldeira de combustão (parâmetro CI);
- Baixos níveis de emissões (parâmetro Hg).

Por exemplo, um CDR com um valor médio de PCI de 19 MJ/kg, tal como recebido, com uma percentagem de 0,5 % de CI, base seca, e uma mediana de 0,016 mg/MJ, tal como recebido, e 0,05 mg/MJ de valor percentil de Hg é classificado como PCI 3; CI 2; Hg 2. Apesar da mediana do parâmetro teor em Hg classificasse o CDR como classe 1, o valor percentil 80 de Hg classifica-o na classe 2 uma vez que prevalece o maior dos dois valores estatísticos encontrados. Para além destes parâmetros, um CDR tem de garantir a sua qualidade e as suas propriedades têm de cumprir a Norma Portuguesa e, consequentemente, a Norma CEN (NP 4486 de 2008).

2.5.3 Processos de Obtenção de CDR

O CDR resulta da separação, mecânica ou manual, efectuada na linha de processo de unidades de Compostagem ou de Triagem multimaterial, constituído por fracções de materiais dos RU que apresentam, no conjunto, um significativo potencial calorífico para ser utilizado como um recurso na valorização energética. A separação pode ser realizada na fonte ou em instalações específicas a partir de RU (Dias *et al*, 2006).



Figura 2.7 - Refugos da Triagem dos RU obtidos por recolha selectiva, VALNOR Avis
(Fonte: Carvalho, 2011)

No capítulo 3 é feita a descrição da CVO da VALNOR, em Avis, onde se pode interpretar o seu funcionamento, através do esquema da linha de processo que se junta.

Em termos gerais apresenta-se na Figura 2.8 as operações unitárias de uma linha de funcionamento geral de uma CVO.

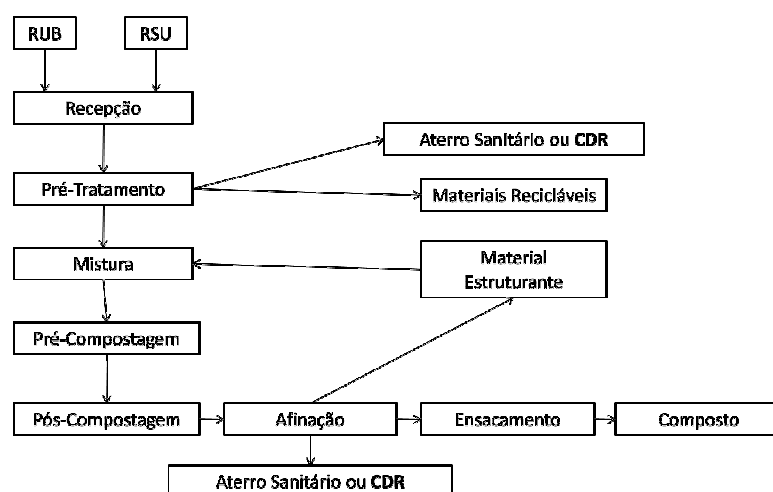


Figura 2.8 - Esquema representativo da linha de funcionamento de uma CVO
(Fonte: adaptado de VALNOR, 2011)

Na fase de pré-tratamento mecânico são usados vários tipos de equipamentos que separam e processam as componentes dos RU. Estes equipamentos tem como objectivo modificar as características físicas do fluxo de resíduos, facilitando-se deste modo o processo de remoção de componentes e/ou contaminantes não desejados. Os processos de separação podem ser constituídos por triagem manual, separação por tamanho, separação por densidade, separação magnética, redução do tamanho das partículas, separação óptica de partículas e densificação. Todo este processo se efectua antes da fase de compostagem ou a aquela que é encaminhada para aterro. A seguir a este processo de obtenção de CDR, que se pode designar por pré-processamento, a fracção com potencial combustível vai alimentar o processo de conversão que poderá ser térmico ou biológico (UNEP, 2005).

2.5.4 Tecnologias para a Valorização de CDR

Na cadeia de valor para a gestão de resíduos, a valorização energética aparece hierarquicamente depois da valorização multimaterial e orgânica. Neste enquadramento a valorização energética no processo de gestão de resíduos incide fundamentalmente sobre os refugos e rejeitados dos processos a montante ou, directamente, sobre os resíduos indiferenciados como solução de tratamento final (Dias *et al*, 2006).

No que respeita às tecnologias para a valorização do CDR do ponto de vista energético este é em tudo semelhantes aos combustíveis fósseis e, como tal, as tecnologias já existentes para a combustão destes poderão, teoricamente, ser utilizadas para a sua valorização. Contudo a composição físico-química do CDR em bruto pode colocar alguns problemas à sua livre utilização em unidades de combustão projectadas para combustíveis fósseis. Conforme essas condições assim se pode definir quais as soluções a adoptar ou intervenções a promover previamente. No que refere às tecnologias disponíveis para a sua valorização, a Gaseificação, a Pirólise, a Incineração e Co-Incineração são as que actualmente melhor se enquadram para concretizar aquele objectivo. Todavia cada uma das tecnologias exige requisitos específicos, nomeadamente, o PCI e a granulometria, de acordo com Dias *et al*, 2006.

É de se salientar que o desenvolvimento tecnológico está associado à maior ou menor contribuição para os GEE e para a possibilidade de valorização associada à energia produzida e à substituição de combustíveis fósseis (ERSUC, 2006).

Relativamente a cada uma das opções tecnológicas passíveis de se utilizarem para a valorização energética do CDR, descrevem-se em seguida, e de forma resumida, as principais características de cada processo.

GASEIFICAÇÃO

A gaseificação é um processo onde se dá a transformação de um combustível sólido para um combustível gasoso, através da oxidação parcial e elevadas temperaturas. No final, o combustível gasoso será composto por dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), hidrogénio (H_2), CH_4 e água (H_2O), por pequenas quantidades de outros hidrocarbonetos, por inertes presentes no agente de gaseificação, de cinzas e de partículas (Belgiorno *et al.*, 2003).

A gaseificação permite obter maiores eficiências energéticas, comparativamente à incineração, uma vez que, em grandes sistemas, a produção de energia é realizada a partir de ciclos combinados com turbina a gás. Contudo, a gaseificação apresenta custos elevados (Murphy & Wejdling, 2007).

Além disso, nem todos os resíduos podem ser valorizados por gaseificação uma vez que é necessária uma homogeneidade específica e um elevado teor em carbono para que esta seja eficiente, sendo o caso dos CDR. Assim, têm de sofrer diferentes pré-tratamentos de preparação antes de serem submetidos a esta tecnologia (Belgiorno *et al.*, 2003).

PIRÓLISE

A pirólise consiste na decomposição térmica na ausência de oxigénio. O processo quebra as moléculas mais pesadas transformando-as em moléculas com baixa massa molecular, através de temperaturas moderadas e pressões próximas da pressão atmosférica. Desta forma é possível obter hidrocarbonetos líquidos que, posteriormente, podem ser utilizados como combustíveis ou matéria-prima para as várias indústrias (Paradela, 2007).

Em termos químicos, a destruição térmica da matéria orgânica leva à produção de uma mistura gasosa essencialmente constituída por H_2 , CH_4 , CO e CO_2 , e em menor percentagem por butano, propano, propeno e etanol. A composição típica desta mistura num processo conduzido na ausência total de oxigénio é a seguinte (ERSUC, 2009):

- H_2 - 54%
- CH_4 - 10%
- CO - 10%
- CO_2 - 23%
- Butano, Propano, Propeno e Etanol - 2%
- Azoto - 1%;

Segundo ERSUC 2009, a pirólise, aplicada à valorização CDR, pode incluir alguns processos como o pré-tratamento, que pode envolver secagem, triagem de materiais inertes e trituração.

A pirólise processa-se em três etapas, determinadas pela taxa de aquecimento (ERSUC, 2009):

- Decomposição inicial dos sólidos, em que as moléculas de H_2O , CO_2 e CO são consumidas;
- Decomposição mais extensa dos sólidos, de que resulta a formação de líquidos orgânicos como alcatrões e óleos;
- Decomposição final dos sólidos e líquidos, em que produtos mais simples como H_2 , CH_4 e etanol são consumidos, restando apenas o carvão.

Posteriormente dá-se um processo de gaseificação ou combustão do carvão como fonte de calor para a pirólise e gaseificação (ERSUC, 2009).

É de salientar que uma instalação de pirólise, de acordo com o Decreto-Lei n.º 85/2005 de 28 de Abril, é considerada como uma instalação de incineração, pelo que todas as orientações ali descritas e que são objecto de pormenorização para os leitos fluidizados, também aqui se aplicam. Assim, no N.º 1 do Artigo 3º é referido como instalação de incineração “qualquer unidade e equipamento técnico fixo ou móvel dedicado ao tratamento térmico de resíduos, com ou sem recuperação da energia térmica gerada pela combustão”. Esta definição inclui a incineração por oxidação de resíduos, bem como a pirólise, a gaseificação ou outros processos de tratamento térmico, como por exemplo, processos de plasma, na medida em que os produtos de tratamento sejam subsequentemente incinerados (D.L. n.º 85/2005 de 28 Abril).

INCINERAÇÃO

Combustão de partículas em suspensão

Os sistemas de queima mais comuns na combustão de combustíveis sólidos, essencialmente o carvão, funcionam com a suspensão do combustível em partículas numa corrente de ar. O conceito assenta no facto de o combustível ser pulverizado em partículas tão finas que a sua queima se assemelha à queima de um gás. Neste processo é o ar que tem a função de secagem e do transporte do combustível para o queimador. O queimador mistura, então, o combustível pulverizado em suspensão no ar, com ar de combustão previamente aquecido, e injecta a mistura no interior da caldeira. Em condições normais de funcionamento, o calor ignição do combustível injectado.

A dificuldade de adaptação do CDR a este tipo de tecnologia de combustão está relacionada com os elevados custos de pulverização do composto. A este facto acrescem os elevados investimentos de adaptação das centrais a este tipo de combustível (NYSERDA, 2006).

Combustão em sistema de grelha

No processo de incineração por grelha, *mass burning*, torna-se necessário a existência de uma fase de secagem inicial, onde o teor de H₂O nos resíduos é reduzido, permitindo uma combustão mais rápida e eficaz. Neste processo de combustão de partículas os resíduos são incinerados ao percorrer a grelha na base da caldeira. Os resíduos são introduzidos na caldeira numa extremidade da grelha por uma tremonha, que pode ser carregada por um transportador de correia, e após a combustão, a cinza é recolhida na outra extremidade. A combustão de partículas é continuamente alimentada por um fluxo de ar ascendente introduzido através da grelha, que irá reagir com o carbono fixo. Em algumas caldeiras o ar pode também ser inserido por cima da grelha para assegurar a queima da matéria volátil. As grelhas poderão ser fixas, sendo a sua orientação plana ou inclinada, ou ainda móveis, em forma de degraus ou simplesmente plana. O tamanho das partículas a utilizar para alimentar a combustão poderá variar desde os 2 até 20mm, sendo que uma uniformidade de tamanhos é exigida. As cinzas volantes, arrastadas pelos gases quentes, são recolhidas em equipamentos concebidos para o efeito, ciclones e precipitadores electrostáticos. A fase de combustão dos resíduos processa-se com temperaturas a variar , numa combustão completa, entre 800° e 1100°C (D.L. n.º 85/2005 de 28 Abril).

Ainda de acordo com D.L. n.º 85/2005 de 28 Abril, as águas residuais provenientes do arrefecimento das escórias e da lavagem dos gases são tratadas através de um sistema específico face às componentes de metais pesados que integram. As escórias são confinadas em células técnicas construídas de acordo com as especificações e normas para aterro de resíduos perigosos. Os gases são submetidos a um sistema de tratamento exigente, eliminando substâncias como chumbo (Pb), cádmio (Cd), Hg, cobalto (Co), óxido de azoto, dioxinas e furanos, entre outros. Todos estes produtos resultantes da combustão, incluindo as cinzas, são submetidos a tratamentos próprios e específicos permitindo garantir as melhores condições ambientais, cumprindo com os valores limites impostos pela legislação nacional e comunitária.

A geração de energia eléctrica a partir da combustão dos resíduos constitui uma mais valia do processo de incineração. Como factor mais penalizante tem-se o elevado custo de construção e fornecimento de equipamentos, uma vez que as incineradoras exigem o recurso às mais recentes e melhores tecnologias disponíveis para eliminar qualquer risco em termos de saúde pública e meio ambiente envolvente. Este tipo de tecnologia é a existente nas incineradoras LIPOR II e VALORSUL. O seu uso para incineração de CDR é possível e não apresenta restrições (ERSUC, 2009).

Combustão em leito fluidizado

No que se refere ao sistema de incineração pelo sistema de leito fluidizado, sendo um processo de incineração aplicável aos RU, requer no entanto, ao contrário da incineração por grelhas, uma homogeneização prévia dos resíduos bem como uma granulometria regular e reduzida. Tais requisitos implicam que, a montante desta solução de incineração, exista um pré-tratamento de modo a obter uma massa homogénea e rejeitar os materiais inertes e inconvenientes para o processo, sendo normalmente utilizada a trituração, separação balística de inertes e a eventual secagem para obtenção de PCI mais elevado (ERSUC, 2009).

Em função das características referidas, segundo ERSUC 2009, este processo começou a emergir para os RU a partir do desenvolvimento dos TMB, particularmente associado à produção de CDR, na medida em que é possível este constituir um combustível com relativa homogeneidade, em função dos equipamentos mecânicos de separação e densificação utilizados. Por outro lado, o processo de incineração por leito fluidizado admite combustíveis com um PCI elevado, acima dos 10 000kJ/kg, caso da generalidade dos diferentes tipos de CDR, situação que o favorece relativamente à incineração por grelha, que apresenta esta limitação.

O incinerador por leito fluidizado é, normalmente, constituído por uma câmara de combustão vertical, na base da qual, numa grelha ou plataforma perfurada, existe uma camada de material inerte, geralmente areia, que é fluidizada com ar. Este ar, pré tratado e aquecido, é introduzido através da base perfurada formando com a areia um leito fluidizado. A alimentação dos resíduos é efectuada de modo contínuo, através de alimentadores rotativos em estrela, parafusos sem-fim, em partículas de pequenas dimensões, garantido, deste modo, a sua secagem e rápida ignição (ERSUC, 2009).

Sobre o leito fluidizado efectua-se a combustão e volatilização depositando-se as cinzas e escórias na base. Quando estas se encontram em excesso são retiradas, sofrendo o mesmo tipo de eliminação das resultantes do processo de incineração em grelha. As temperaturas na câmara de combustão atingem valores entre 850°C e 950°C, de acordo com as imposições legislativas relativas à incineração de RU. Os gases de combustão são objecto de tratamento à semelhança do que acontece no processo de incineração em grelha, embora beneficiando da maior homogeneidade dos resíduos incinerados e de uma mais completa combustão, que permite um melhor controlo das emissões. O arrefecimento dos gases é efectuado com vapor aproveitando-se a carga térmica gerada para a produção de energia térmica e eléctrica (ERSUC, 2009).

Dado haver um maior PCI de resíduos incinerados por este processo, é possível obter potências térmicas elevadas com menores quantidades de resíduos do que as necessárias para as mesmas

potências com a incineração de resíduos indiferenciados em grelha. Tal facto permite que a viabilidade técnica e económica destas instalações seja atingida para capacidades menores das que verificadas na incineração convencional (Dias *et al*, 2006)

Na Tabela 2.11 é feita uma comparação entre os processos de combustão por suspensão, por grelha e por leito fluidizado.

Tabela 2.11 - Comparação dos principais processos de combustão
(Fonte: adaptado de Dias *et al*, 2006)

Característica	Processo de combustão		
	Suspensão	Grelha	Leito Fluidizado
Eficiência da combustão (%)	99	70 a 90	90 a 99
Eficiência térmica global	35 a 45	25 a 35	40 a 55
Excesso de ar (%)	15 a 50	20 a 40	10 a 25
Granulometria do combustível (mm)	< 0,5	2 a 20	8
Temperatura de operação (°C)	1400 a 1700	1400 a 1700	800 a 950
Emissões de NO _x	Alta	Alta	Baixa
Captura de SO _x (%)	-	-	80 a 90

O leito fluidizado é o processo de combustão mais vantajoso, uma vez que:

- A sua eficiência de combustão e a sua eficiência térmica global são superiores aos restantes processos;
- A percentagem de excesso de ar é inferior;
- Não exige uma granulometria tão reduzida como o do processo por suspensão;
- O intervalo da temperatura de operação é mais reduzido, o que pode exigir um maior controlo, porém é um processo cuja temperatura de operação é mais baixa que os restantes;
- As emissões de NO_x são baixas;
- A captura de SO_x é significativa.

CO-INCINERAÇÃO

O princípio da co-incineração é semelhante ao da incineração, e a única diferença é que a co-incineração tem como objectivo a produção de energia, para além da eliminação de resíduos, sendo uma tecnologia aplicada em cimenteiras (D.L. n.º 85/2005 de 28 Abril).

Segundo o D.L. n.º 85/2005 de 28 Abril, no processo de fabrico de clínquer e cimento os resíduos podem ser tratados ou valorizados como matérias-primas secundárias ou combustíveis alternativos em quase todas as secções de produção. A utilização do CDR como combustível alternativo para aquecimento dos fornos, que atingem 2000º C, é assim uma solução viável, pois como a temperaturas é muito elevada, tanto o combustível tradicional como os resíduos ou CDR são sujeitos a um longo tempo de residência, promovendo assim a destruição altamente eficaz dos compostos orgânicos, que constituem a maior fracção dos chamados combustíveis alternativos.

Todavia nem todos os resíduos em bruto podem ser utilizados como combustível uma vez que estes podem influenciar a qualidade do cimento. Assim a utilização do CDR requer que este disponha de uma preparação prévia a fim de ser dotado de características específicas. Outra vantagem da co-incineração consiste em poder utilizar recursos com potencial calorífico e deste modo substituir ou diminuir a necessidade de recorrer a recursos energéticos não renováveis, como o combustível fóssil (D.L. n.º 85/2005 de 28 Abril).

2.5.5 O potencial do CDR em Portugal Continental

A composição física dos RU está relacionada com uma série factores que influenciam a sua diversidade, tais como (Levy e Cabeças, 2006):

- As características do aglomerado, a composição dos resíduos varia consoante a actividade predominante nessa zona, ou seja, se é uma zona residencial ou de serviços, se é urbana ou rural, ou se é industrial;
- O clima e as estações do ano;
- O nível de vida das populações, a composição dos resíduos varia consoante a classe social predominante da zona, além de depender das actividades aí exercidas.

De acordo com Levy e Cabeças, 2006, ao nível do território nacional é possível identificar diferenças entre o litoral e o interior do País, no que diz respeito à composição dos RU. A diferença mais significativa verifica-se ao nível da percentagem de papel/cartão, que é cerca de 5% mais elevada no litoral, o que se deve fundamentalmente a uma maior literacia da população.

Comparou-se a composição física dos RU segundo o potencial das componentes que poderão ser retiradas na fase tratamento mecânico da VALNOR com as da ERSUC e da AMARSUL. Nas Figuras seguintes apresentam-se as citadas composições físicas da VALNOR, ERSUC e AMARSUL, respectivamente, no ano de 2010. Saliente-se que em 2010 os RU indiferenciados da TRATOLIXO foram sendo encaminhados para o TMB da VALNOR (TRATOLIXO, 2011). Verifica-se que as variações que se retiram da comparação dos gráficos das figuras seguintes não são significativas.

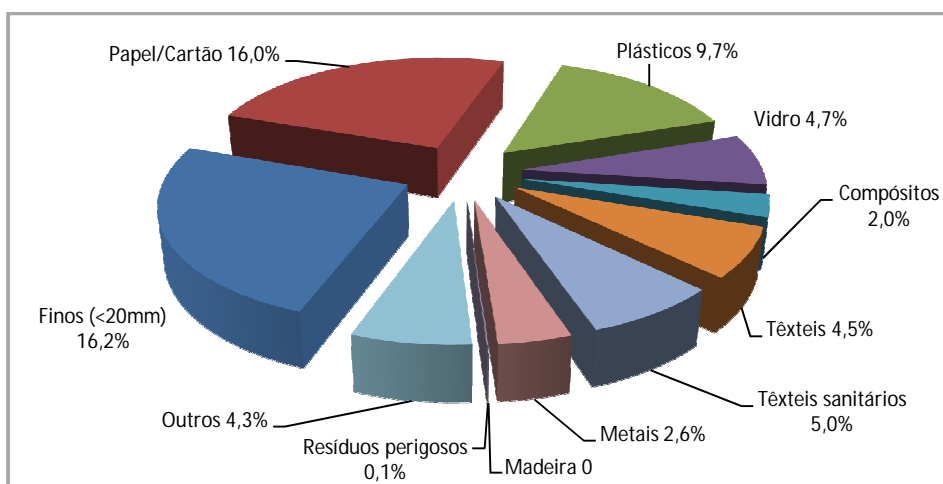


Figura 2.9 - Composição física dos RU da VALNOR segundo o potencial das componentes retiradas no tratamento mecânico, em 2010
(Fonte: EGF S.A., 2010)

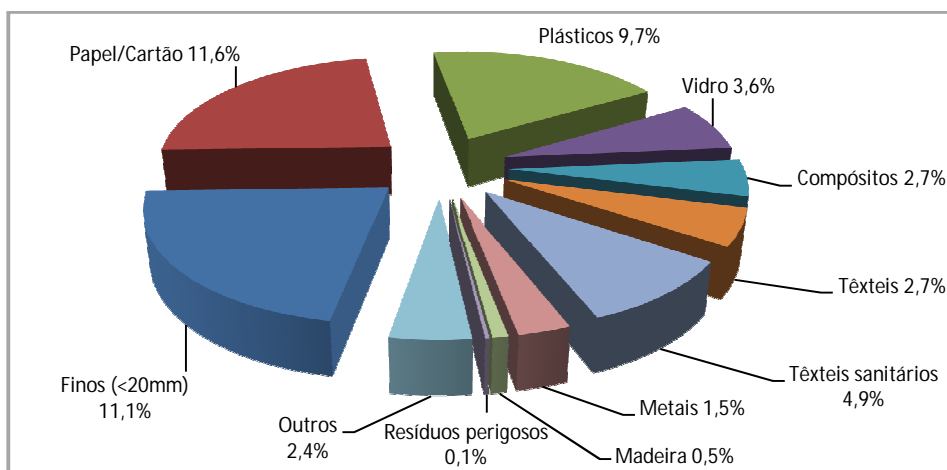


Figura 2.10 - Composição física dos RU da ERSUC, segundo o potencial das componentes retiradas no tratamento mecânico, em 2010
(Fonte: EGF S.A., 2010)

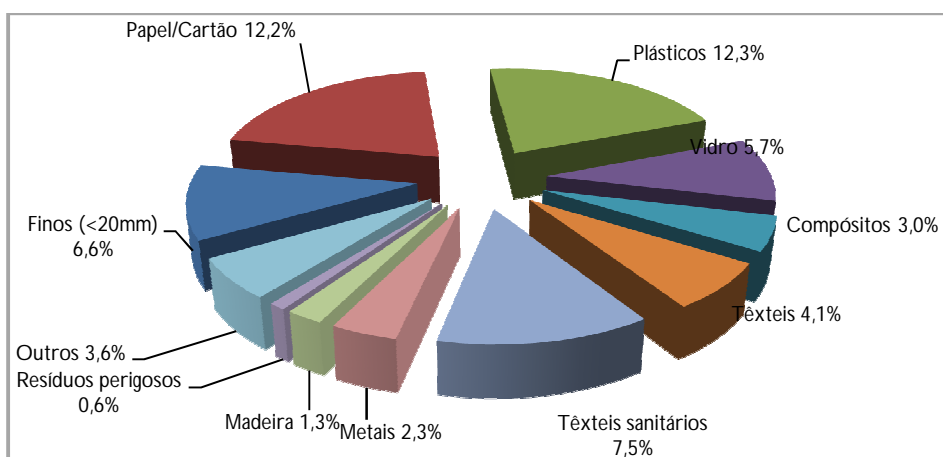


Figura 2.11 - Composição física dos RU da AMARSUL, segundo o potencial das componentes retiradas no tratamento mecânico, em 2010
(Fonte: EGF S.A., 2010)

Na Tabela 2.12, que abaixo se apresenta, está registada a produção e a captação de RU por região podendo-se verificar que os valores estão muito próximos entre si, excepto na Região do Algarve que

apresenta valores superiores, devido à sazonalidade verificada, principalmente no Verão. Assim poderá levar-se a concluir que, a nível nacional, a produção de RU é aproximadamente a mesma de região para região (Figura 2.12).

Tabela 2.12 - Produção e Capitação de RU por Região, em 2009
(Fonte: APA, 2010 - A)

Região	Produção (toneladas)			Capitação (kg/hab.ano)		
	Recolha Indiferenciada	Recolha Selectiva	Total	Recolha Indiferenciada	Recolha Selectiva	Total
Norte	1.402.653	220.781	1.623.435	389	61	450
Centro	732.785	73.273	806.059	373	37	410
Lisboa e Vale do Tejo	1.760.770	241.010	2.001.780	491	67	559
Alentejo	267.734	41.180	308.914	481	74	555
Algarve	345.086	99.318	444.405	795	229	1.024
Total	4.509.029	675.563	5.184.592	444	67	511

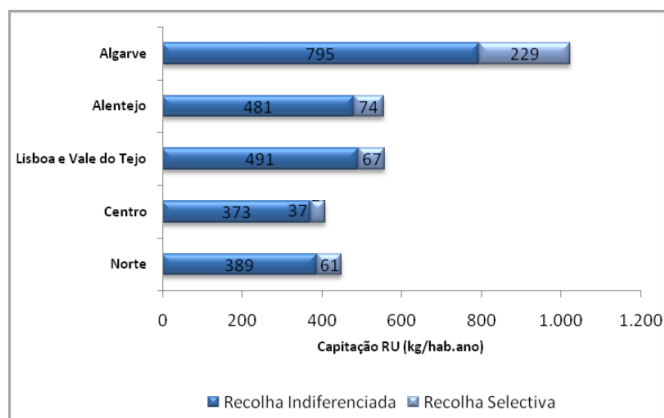


Figura 2.12 - Capitação de RU, por Região em 2009
(Fonte: APA, 2010 - A)

Enquanto os dados administrativos do SGIR eram organizados pelo antigo Instituto dos Resíduos para os anos de 2004 a 2007, os dados do novo SIRAPA, passaram a ser organizados pelo MRRU para os anos de 2008 e 2009. A diferença verificada nos valores apresentados pela APA ficou a dever-se às plataformas informáticas de registo que evoluíram no sentido de proporcionar uma melhor qualidade dos dados obtidos. Acresce que a discrepância entre o valor apresentado pela EUROSTAT, mais de 7 milhões, e o registado pela APA, mais de 5 milhões de toneladas, conforme anteriormente referido, é justificada, provavelmente, pelo facto da EUROSTAT classificar RU e outros semelhantes na mesma categoria.

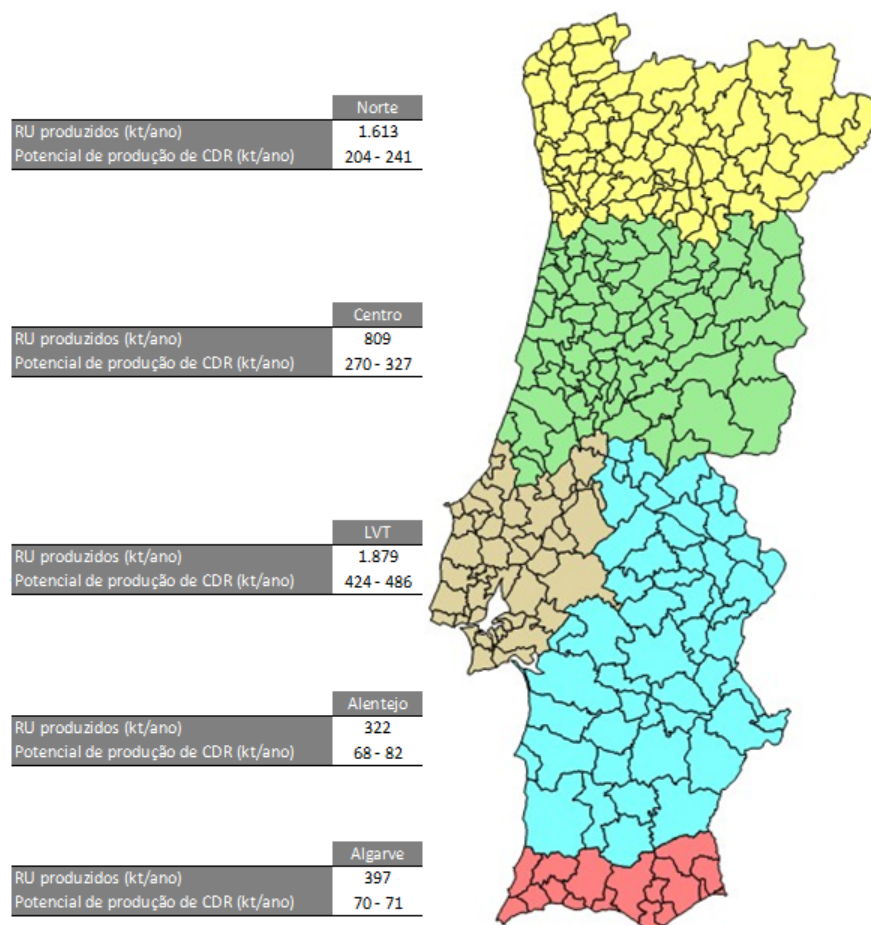


Figura 2.13 - Potencial de produção de CDR a partir de RU, em 2013, em Portugal Continental, por Região (Fonte: MAOTDREI, 2009)

Segundo a Figura 2.13, Portugal Continental irá produzir cerca de 5020kt/ano de RU, previsto para 2013. Verifica-se que as Regiões Norte e Lisboa e Vale do Tejo (LVT) apresentam valores de produção de RU semelhantes, tratando-se, respectivamente, 32,13% (1613kt/ano) e 37,43% (1879kt/ano). A Região do Centro apresenta um valor de produção de RU de 16,12% (809kt/ano). A Região do Alentejo produzirá, cerca de 6,41% (322kt/ano), que, associado à dimensão da área de intervenção se traduz numa grande dispersão do mesmo. A Região do Algarve apresenta uma produção semelhante de RU de 7,91% (397kt/ano).

Em relação ao potencial de produção de CDR previsto para 2013, é a Região de LVT que apresenta o maior potencial, entre 424 e 486 kt/ano de CDR, seguida da Região do Centro e Norte. As regiões que apresentam um potencial de produção de CDR inferior são as Regiões do Alentejo e Algarve.

Na Tabela 2.13 estão registadas as quantidades de RU, em toneladas e em percentagem, por operação de Gestão e por Sistema, verificados em 2009. A maior parte dos Sistemas de Gestão apresenta uma grande percentagem de RU com destino a aterro, constatando-se que dessa percentagem pode resultar uma significativa produção de CDR.

Tabela 2.13 - RU provenientes da Recolha Indiferenciada, por operação de Gestão e por Sistema, em Portugal Continental em 2009
(Fonte: APA, 2010 - A)

Sistema	Aterro		Valorização Energética		Valorização Orgânica Total		Total (t)
	(t)	(%)	(t)	(%)	(t)	(%)	
Amave	46.041	27			125.630	73	171.671
BRAVAL	100.326	100					100.326
Lipor	38.072	8	388.202	84	37.399	8	463.673
REBAT	52.778	100					52.778
RESAT	43.280	100					43.280
RESIDOURO	39.826	100					39.826
Resíduos Nordeste	55.356	100					55.356
RESULIMA	121.353	99,7			312	0,3	121.665
SULDOURO	187.248	100					187.248
Vale Douro Norte	42.993	100					42.993
VALORMINHO	35.819	100					35.819
Ambisousa	126.312	100					126.312
Resiestrela	47.976	65			26.266	35	74.242
ERSUC	389.239	100					389.239
Planalto Beirão	126.489	100					126.489
Raia/Pinhal	35.038	100					35.038
VALORLUS	107.778	100					107.778
AMARSUL	414.472	92			35.040	8	449.512
Amtres-Tratolixo	133.826	37	83.678	23	146.587	40	364.091
RESIOESTE	176.888	98	2.786	2			179.674
Resitejo	91.591	100					91.591
Ecolezíria	62.636	100					62.636
VALORSUL	129.048	20	484.217	76	20.283	3	633.548
Ambilital	62.800	100					62.800
Amcal	12.432	100					12.432
GESAMB	76.372	100					76.372
Resialentejo	46.054	100					46.054
VALNOR	53.547	76			16.528	24	70.076
ALGAR	345.086	97			10.359	3	355.445

Segundo a “Avaliação do Potencial de Produção e Utilização de CDR em Portugal Continental”, do Instituto dos Resíduos, em 2006 o sector da produção de energia encontrava-se reticente à utilização de CDR, pelo menos num cenário a curto prazo. As principais razões apontadas eram de cariz técnico-económico, implicando um investimento económico, devido à necessidade de adaptações dos equipamentos para o consumo e, também, para dar cumprimento às premissas ambientais. Os sectores mais receptivos ao CDR eram sectores já familiarizados com a utilização de resíduos e, na sua maioria, já em conformidade com a legislação ambiental vigente (Dias *et al*, 2006).

Segundo o PAPERSU, as novas unidades de TM e TMB previstas no PERSU II deverão entrar em funcionamento em 2012-2013, perspectivando-se assim que nesse período a produção de CDR se encontre no seu pleno. Tendo ainda como base as projecções apresentadas nos PAPERSU, em termos de produção de resíduos, bem como os pressupostos de cálculo indicados no PERSU II, nomeadamente, a percentagem de recicláveis a recuperar e de RUB a valorizar organicamente, e a

tendência de evolução em termos de caracterização de RU, estima-se que, em 2013, o potencial de RU para produção de CDR seja de 1,0 a 1,2 milhões de toneladas, considerando os rejeitados e refugos de unidades de triagem, de TM e de TMB de RU (MAOTDR, 2006).

Conforme o representado na Tabela 2.14, cerca de 74% (768746 t), 16% (161500 t) e 10% (105127 t), em média, tem origem nos refugos das unidades de TMB, de TM e de triagem de RU, respectivamente.

Tabela 2.14 - Potencial de produção de CDR em toneladas, em 2013, por Sistema de Gestão de RU, no Continente
(Fonte: MAOTDREI, 2009)

Sistemas	Produção RU (t)		Potencial para produção de CDR, por origem em 2013 (t)			
	2006	2013	RSM	TMB	TM	Total
NORTE	1.525.575	1.612.584	37.897	165.949	0	203.845
VALORMINHO	36.434	38.729	488	0	0	488
RESULIMA	128.667	156.708	2.833	0	0	2.833
BRAVAL	105.339	114.550	3.992	28.069	0	32.060
AMAVE	183.916	190.244	5.375	59.130	0	64.505
RESAT	39.232	42.391	524	3.375	0	3.899
REBAT	53.839	59.763	985	3.375	0	4.360
VALE DOURO NORTE	44.405	46.852	873	3.375	0	4.248
RESIDUOS DO NORDESTE	58.730	64.151	813	20.250	0	21.063
RESIDUOIRO	36.312	39.325	526	3.375	0	3.901
LIPOR	522.489	500.161	13.519		0	13.519
AMBISOUSA	133.367	159.825	4.302	22.500	0	26.802
SULDOURO	182.845	199.885	3.668	22.500	0	26.168
CENTRO	770.802	809.157	15.887	254.250	0	270.137
ERSUC	396.897	403.074	8.726	171.000	0	179.726
ECOBELRÃO	131.623	150.820	3.090	56.250	0	59.340
RESIESTRELA	77.867	80.075	1.002	15.750	0	16.752
VALORLIS	122.342	133.115	2.673	11.250	0	13.923
RAIA PINHAL	42.073	42.073	396	0	0	396
LVT	1.716.063	1.878.913	37.941	281.282	104.500	423.723
RESIOESTE	197.652	209.079	3.668	11.250	0	14.918
ECOLEZIRIA	63.721	68.144	1.049	29.250	0	30.299
RESITEJO	92.514	88.937	2.551	36.000	0	38.551
AMTRES	455.032	429.605	11.306	135.482	0	146.788
VALORSUL	547.632	713.544	12.202	0	0	12.202
AMARSUL	359.512	369.604	7.165	69.300	104.500	180.965
ALENTEJO	300.534	332.203	5.858	62.070	0	67.928
VALNOR	81.660	97.804	1.894	31.500	0	33.394
GESAMB	87.414	93.024	1.758	13.500	0	15.258
AMBILITAL	64.962	74.371	963	6.720	0	7.682
AMCAL	14.566	15.000	225	2.250	0	2.475
RESIALENTEJO	51.932	52.004	1.018	8.100	0	9.118
ALGARVE	328.129	397.460	7.545	5.195	57.000	69.740
ALGAR	328.129	397.460	7.545	5.195	57.000	69.740
Portugal Continental	4.641.103	5.030.317	105.127	768.746	161.500	1.035.373

Os valores apresentados na Tabela 2.14 referem-se a refugos estimados das unidades de triagem, de TM e de TMB, em linhas de operação, construção, arranque e funcionamento, substituindo uma quantidade significativa de RU, correspondente à fracção resto, que ainda possui potencial de aproveitamento na produção de CDR.

Tabela 2.15 - Expectativa de consumo de CDR
(Fonte: MAOTDREI, 2009)

Unidades	Consumo potencial de CDR (t/ano)	Consumo potencial de CDR (%)
Sector de gestão de resíduos		
Incineração dedicada de CDR ^a	350000	20,29
Incineração dedicada de CDR (co-combustão de lamas)	640000	37,10
Outros sectores de actividade económica		
Sector industrial (cimento, cerâmica, papel)	635000	36,81
Sector de produção de energia ^b	100000	5,80
Total	1725000	100

^a Reforço de capacidade das instalações de incineração dedicada de RU.

^b O valor apresentado refere-se apenas às centrais de biomassa concedidas, no pressuposto de que numa central de biomassa cada MW instalado consome cerca de 10000 t de biomassa/ano.

Verifica-se que o sector de gestão de resíduos, Tabela 2.15, poderá garantir o escoamento de, aproximadamente, 57% dos CDR produzidos com origem nos RU. O quantitativo remanescente poderá ser encaminhado para outros sectores de actividade económica, atendendo, designadamente, a características específicas do CDR produzido, a factores de logística e também de distribuição geográfica. Assim, é necessário operacionalizar os objectivos apontados no PERSU II, garantindo a hierarquia de operações de gestão de resíduos e o desvio de aterro, com aproveitamento de energia de cerca de 1 milhão de toneladas de RU por ano a partir de 2013 (MAOTDREI, 2009).

2.5.6 Situação a nível Europeu

A produção e consumo de CDR têm vindo a revelar-se ser uma prática cada vez mais comum a nível europeu, como por exemplo na Áustria, Alemanha, Finlândia, Itália, Holanda e Suécia, onde a incineração de RU é uma solução de tratamento percentualmente elevada.

De acordo com Dias *et al*, 2006, no caso da Finlândia, a produção de CDR é efectuada a partir de RU com separação na fonte, e contemplando, ainda, resíduos de comércio, indústria e resíduos de construção e demolição. Relativamente à Suécia, as fracções de RU que apresentam maior poder

calorífico são separadas e encaminhadas para CDR. No que respeita á Holanda, os materiais que originam o CDR são constituídos essencialmente por plástico e papel presentes no RU.

Na Áustria, Alemanha e Itália, o CDR resulta de uma produção, em larga escala, proveniente das unidades de tratamento mecânico e biológico para resíduos de diferentes fontes, tais como RU, resíduos de madeira, resíduos do comércio, industriais, lamas de ETAR, entre outros. No Reino Unido, o CDR resulta dos processos de tratamento mecânico e biológico de RU e também de fracções secas, através da separação na fonte. Assim verifica-se que nível Europeu cada vez mais o CDR se torna uma opção consistente e com elevado potencial como um recurso no caminho da sustentabilidade ambiental e económica funcional (Dias *et al*, 2006).

3. DESCRIÇÃO DO ESTUDO DO CASO

Conforme já referido anteriormente, o estudo de caso da VALNOR que se analisa suporta-se no protocolo estabelecido com a SECIL para a realização de uma série de análises a um conjunto seleccionado de amostras retiradas nas instalações da central de compostagem e triagem multimaterial tendo em vista a determinação do potencial e da viabilidade do CDR para ser aproveitado energeticamente como combustível alternativo. Para além destas análises recorreu-se também à obtenção, através de reuniões e contactos, de dados de outros casos Nacionais que, em semelhança, procederam a uma avaliação do potencial do CDR sobre amostras de materiais recolhidos dentro da mesma metodologia.

Assim foi possível utilizar outras amostras disponibilizadas com diferentes origens, nomeadamente, da ERSUC S.A., da TRATOLIXO e da AMARSUL S.A., que se abordam no capítulo 4.

Na figura 3.1 estão representados os diferentes Sistemas de Gestão de Resíduos, na legenda a VALNOR está representada pelo n.º 21, a ERSUC pelo n.º 10, a TRATOLIXO pelo n.º 15 e a AMARSUL pelo n.º 17.

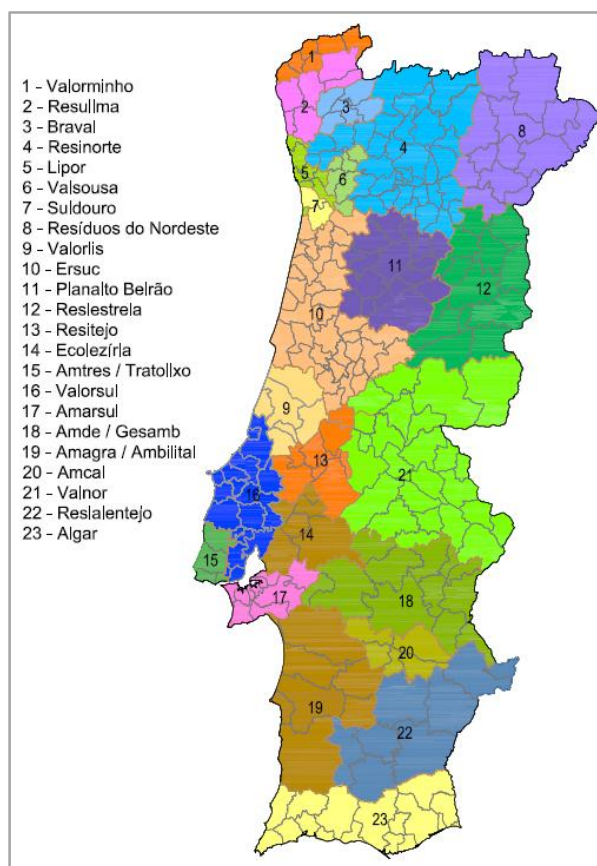


Figura 3.1 - Mapa representativo dos diferentes Sistemas de Gestão de Resíduos
(Fonte: EGF, 2011)

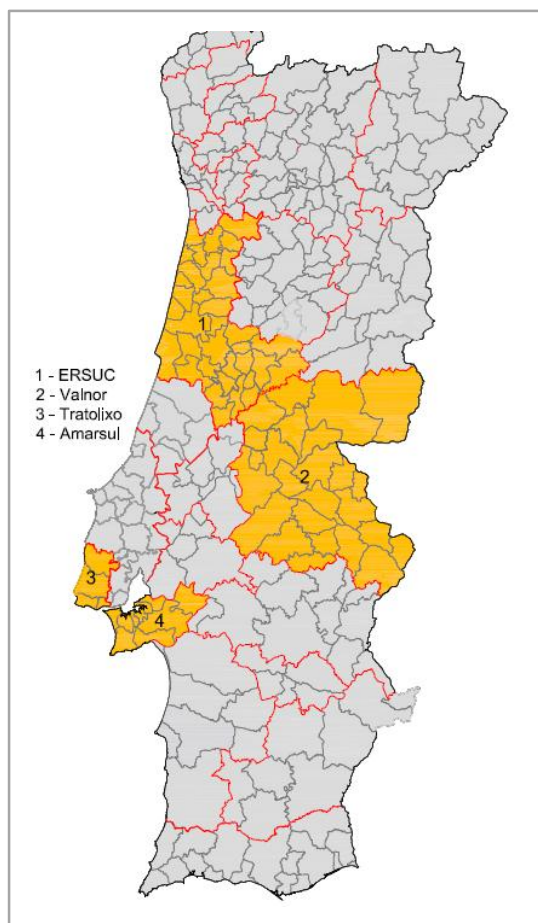


Figura 3.2 - Representação da área de intervenção da VALNOR, ERSUC, TRATOLIXO e AMARSUL
(Fonte: adaptado de EGF, 2011)

Em seguida aborda-se cada um destes sistemas de gestão de resíduos fazendo-se o seu enquadramento territorial.

3.1 VALNOR S.A.

A VALNOR – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos do Norte Alentejano S.A. foi constituída em 2001 pelo Decreto-Lei n.º 11/2001 de 23 de Janeiro e tem por objecto a exploração e gestão do Sistema Multimunicipal de Valorização e Tratamento de RU do Norte Alentejano.

É uma empresa com forte implantação na sua região, reconhecida e certificada nacional e internacionalmente pela qualidade da sua gestão, pelo seu rigor na atenção às normas de Protecção Ambiental, da Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho, assim como pela prevalência dos princípios do Desenvolvimento Sustentável, bem como na optimização de recursos na evolução da sua actividade. A VALNOR é uma empresa responsável pela recolha, triagem, valorização e tratamento de RU nos 19 Municípios da sua área de influência, tem como principal missão a preservação do meio ambiente onde se insere e a melhoria do serviço prestado às populações no âmbito da gestão dos RU. Na figura seguinte, Figura 3.3, está representada a área de abrangência da VALNOR com 11.980

km², uma população residente de 279191 habitantes e os respectivos 25 concelhos (distritos de Portalegre, Santarém e Castelo Branco) (VALNOR, 2011).



Figura 3.3 - Mapa representativo dos 25 concelhos abrangidos pela VALNOR
(Fonte: VALNOR, 2011)

A VALNOR, no seu universo geográfico, dispõe das seguintes instalações e intervenções:

- Recolha selectiva em todos concelhos do seu universo geográfico e dispõe na totalidade de cerca de 1000 ecopontos sendo este o método utilizado para a recuperação de materiais recicláveis ao nível da população servida.
- Os aterros sanitários estão localizados nos Municípios de Abrantes e Avis;
- As Estações de Transferência dos RU estão nos Municípios de Castelo de Vide, Elvas, Ponte de Sôr e Portalegre.
- Os aterros de inertes (RCD) situam-se em Campo Maior e Ponte de Sôr;
- As Estações de Transferência, onde também se processam RCD, situam-se em Avis, Campo Maior, Castelo de Vide, Gavião, Ponte de Sôr e Portalegre;
- Os Ecocentros estão localizados nos Municípios de Abrantes, Castelo de Vide, Elvas, Ponte de Sôr e Portalegre.
- Na área afectada ao aterro em Avis, localiza-se também a Central de Triagem e a Central de Valorização Orgânica por Compostagem.

A VALNOR assumiu desde o início da sua formação o objectivo de constituir na região um sistema integrado de tratamento de todos os resíduos e em todas as fileiras. Ao longo dos anos, este objectivo tornou-se uma realidade e a VALNOR tem alargado o seu leque de intervenção, assumindo-se hoje como um verdadeiro sistema integrado de tratamento e valorização de resíduos. As áreas de intervenção são (VALNOR, 2011):

- Óleos Alimentares Usados (OAU) (Figura 3.4)
- Ponto de Recolha de Pneus Usados
- Recolha Selectiva multimaterial (ecopontos)
- Valorização orgânica de resíduos urbanos por compostagem
- Recolha e preparação de CDR
- Resíduos de Equipamentos Eléctricos e Electrónicos (REEE)
- Resíduos Urbanos
- Resíduos Urbanos e Biodegradáveis
- Recolha de Resíduos Volumosos
- Sucatas
- Veículos em Fim de Vida (VfV) (Figura 3.5)



**Figura 3.4 - Depósito de Óleos Alimentares Usados, VALNOR Avis
(Fonte: Carvalho, 2011)**



Figura 3.5 - Depósito de Veículos em Fim de Vida, VALNOR Avis
(Fonte: Carvalho, 2011)

O estudo do caso que se aborda nesta dissertação diz respeito à produção de CDR na linha de pré-tratamento mecânico da Central de Valorização Orgânica localizada dentro da área afectada ao aterro sanitário em Avis. Descreve-se em seguida a constituição da Central de Valorização Orgânica, bem como da Central de Preparação do CDR cuja linha de processo resulta das condições e das especificações exigidas pela SECIL para o receber.

3.1.1 Descrição da Central de Valorização Orgânica – Unidade de Compostagem

A descrição seguinte é feita tendo por base o projecto levado a Concurso Público para proposta da Empreitada de Contrato para a Concepção, Construção e Fornecimento de uma Central de Valorização Orgânica – Unidade de Compostagem (VALNOR, 2008 A e B).

A CVO – Unidade de Compostagem está localizada no Distrito de Portalegre, Concelho de Avis, Freguesia de Figueira e Barros, numa área adjacente ao Aterro Sanitário de Avis e Fronteira que serve o Sistema Multimunicipal do Norte Alentejano.

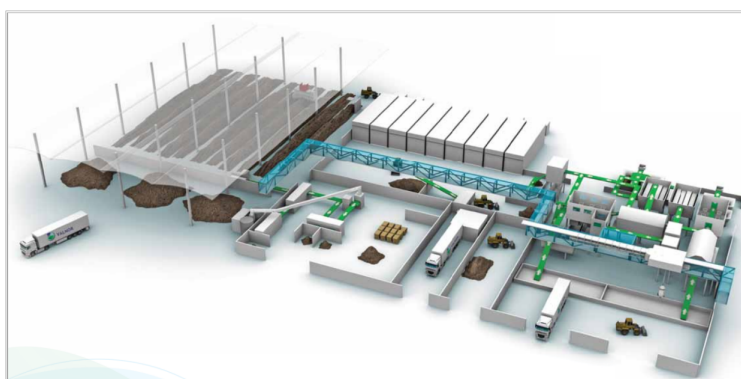


Figura 3.6 - Representação esquemática da CVO
(Fonte: VALNOR, 2011)

Assim, a CVO dispõe da seguinte constituição:

- Um Edifício Administrativo e Social responsável por todos os serviços administrativos e de gestão da Central;
- Um Edifício Laboratorial onde serão realizados todos os trabalhos de apoio laboratorial físico-químico e bacteriológico da Central;
- Um Edifício Oficinal que reúne uma Oficina de Manutenção Mecânica, um Armazém de Materiais de Uso Corrente como produtos químicos embalados e lubrificantes, um Armazém de Sobresselentes e Peças de Reserva para a arrumação de um stock de peças e equipamentos entre outros, uma Oficina de Manutenção Eléctrica e Instrumentação;
- Um Edifício de Recepção, Triagem e Pré-Tratamento de Resíduos onde se reúnem uma série de actividades relacionadas com todo o processo de tratamento de resíduos e que caracteriza a Central de Compostagem;
- Um Edifício de Mistura, Afinação e Ensacamento que está dividido em três áreas, a primeira através da qual se faz o acesso à zona dos túneis de compostagem, a segunda onde se armazena e tritura a fracção vegetal destinada à zona de Mistura e a terceira destinada à fase de afinação e Ensacamento. Uma vez completado o processo de maturação do composto (pós-compostagem em pilhas), segue-se a fase da sua afinação, processo esse que se inicia com uma tremonha alimentada por uma pá carregadora que na fase final originará um composto afinado que será conduzido para a área designada por ensacagem, onde se encontra uma linha de ensacagem semi-automática para possibilitar a venda do composto em pequenos volumes. Posteriormente passa para a zona de armazenamento onde o composto será guardado para a expedição.
- Um Edifício de Pré-Compostagem – Túneis, que está associado à área de Mistura. Cada túnel possui um pleno de impulsão de ar. Na parte posterior dos túneis existe uma galeria onde estão localizados os ventiladores e as caixas de recolha dos lixiviados produzidos durante a fermentação que, por sua vez, ligam ao depósito de recolha com acesso a partir do interior dos edifícios que comunicam com um outro compartimento onde se localizam as cisternas dos lixiviados filtrados e as bombas do sistema de rega dos túneis. Este compartimento permite o acesso directo ao exterior;
- Um Edifício de Pós-Compostagem – Pilhas e Armazenamento do Composto que tem como objectivo recolher o material proveniente dos túneis para a sua maturação aeróbia, que posteriormente é armazenado.

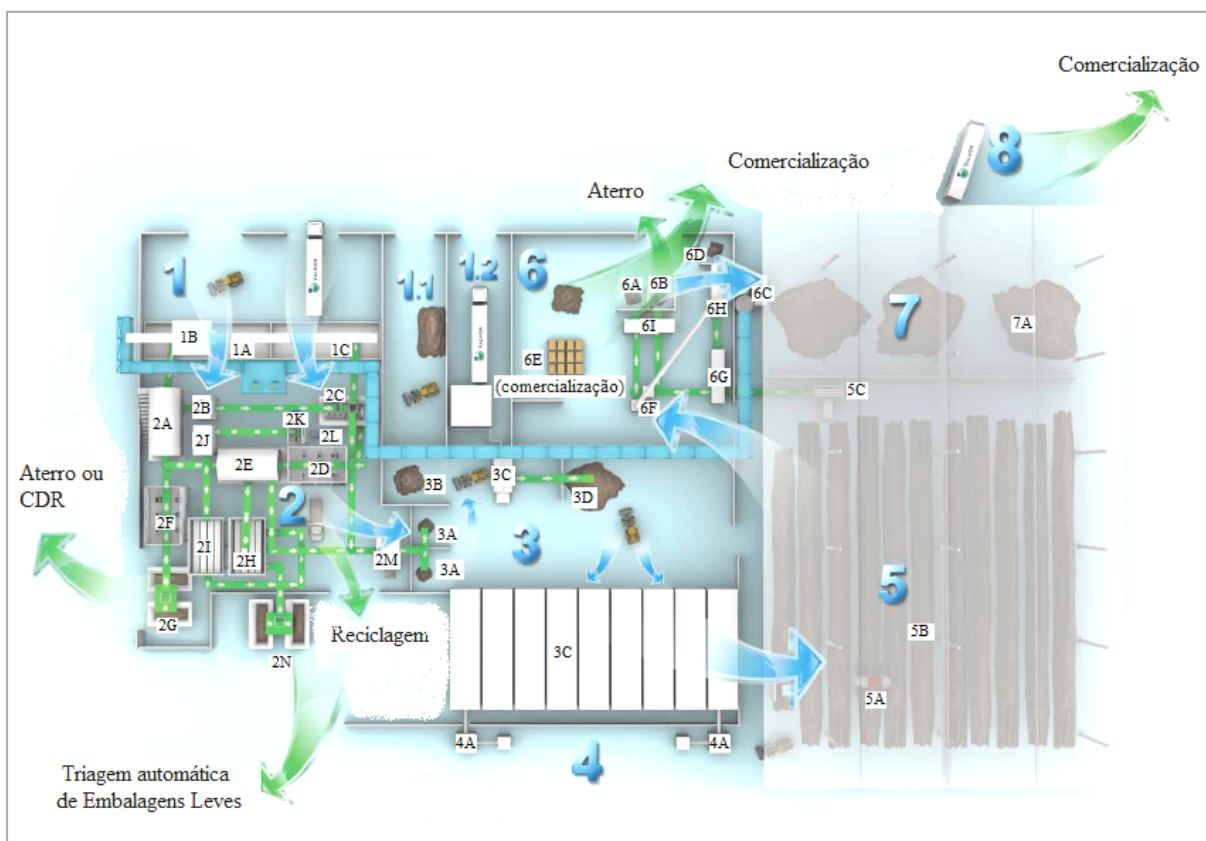


Figura 3.7 - Representação esquemática da estrutura da linha de funcionamento da CVO
(Fonte: VALNOR, 2011)

Legenda: 1) Pavilhão de Recepção; 1.1) Stock de Material Estruturante; 1.2) Unidade de tratamento de Lamas de ETAR; 2) Tratamento Mecânico; 2A) *trommel* 300/150 mm; 2B) Triagem Manual Vidro/Monstros; 2C) "Abre-Sacos"; 2D) Triagem Manual; 2E) *trommel* 80mm; 2F) Triagem Manual; 2G) Unidade de Recepção de Rejeitados; 2H) Separador Balístico; 2I) Balístico de Afinação; 2J) Óptico de Separação de Filme Plástico; 2K) Cabine de Afinação; 2L) Prensa de Filme Plástico; 2M) Separador Magnético; 2N) Unidade de Embalagens; 3) Tratamento Biológico; 3A) Fracção Orgânica; 3B) Material Estruturante; 3C) Misturador; 3D) Material a Compostar; 3E) Túneis de Maturação (pré-compostagem); 4) Sistema de Tratamento de Ar (Biofiltros); 4A) Biofiltros; 5) Área de Maturação; 5A) Revolteadora; 5B) Pilhas em Maturação; 5C) Alimentação (afinação); 6) Área de Afinação/ Ensacamento do Composto; 6A) Composto final; 6B) Refugo; 6C) Filtro de Manga/ Tratamento de finos; 6D) Estruturante Recuperado; 6E) Sistema automático de ensacagem; 6F) Mesas densimétricas; 6G) *trommel* 12mm; 6H) Separador de Estruturante; 6I) *trommel* de afinação final 6 mm; 7) Stock de Composto Final; 7A) Composto Final; 8) Comercialização.

Após a pesagem, as viaturas de recolha são encaminhadas para a CVO, onde descarregam a sua carga na fossa de recepção. Existe uma zona para a caracterização dos resíduos orgânicos recebidos em comunicação com a fossa de recepção. A fossa está dividida em quatro partes distintas e devidamente separadas, nomeadamente:

- Transportador de alimentação de RU;
- Zona de acumulação de RU;
- Zona de acumulação de RUB;
- Transportador de alimentação de RUB. Segundo a VALNOR, está previsto a linha de RUB entrar em funcionamento em 2016 com a recolha selectiva de RUB (Geraldo, 2010).

O transportador de alimentação de RUB pode ser directamente alimentado com material a partir da zona de caracterização por meio de uma pá carregadora. As restantes zonas podem ser directamente alimentadas por um camião recorrendo a um dos portões de acesso à fossa de recepção.



Figura 3.8 - Grua de recolha de RU
(Fonte: Geraldo, 2008)

Uma grua recolhe os resíduos existentes na fossa de recepção e deposita-os no transportador de alimentação correspondente ao material que está a ser processado, RU (Figura 3.8). Em situações excepcionais, de indisponibilidade da grua, existe a possibilidade de descarregar o material a partir dos camiões directamente para os transportadores de alimentação em ambas as linhas.

A separação de compostos indesejáveis é realizada através de duas linhas distintas, uma para o tratamento dos RUB da recolha selectiva e a outra para o tratamento dos RU da recolha indiferenciada. O transportador encaminha os RUB provenientes da recepção e deposita-os no Abre-Sacos, que serve para abrir os sacos provenientes dos resíduos RUB bem como os sacos ainda fechados dos resíduos RU que não foram abertos no *trommel* 300mm (Figura 3.9), permitindo que à saída deste equipamento o material, devidamente doseado, seja enviado para os transportadores a jusante. O *trommel* é constituído por um tambor perfurado e montado com uma ligeira inclinação. Este tambor rotativo faz com que a fracção fina passe através da malha do tambor, enquanto a fracção de dimensões superiores seja expelida.



Figura 3.9 - Trommel 300mm
(Fonte: Geraldo, 2008)

Na linha de tratamento de RU os resíduos provenientes da recepção são encaminhados através do transportador para o *trommel* 300mm onde, por separação mecânica, são obtidas duas fracções distintas, fracção fina (inferior a 150 x 300 mm) e fracção grossa (superior a 300 mm). A fracção fina é encaminhada para o Abre-Sacos (Figura 3.10) e a fracção grossa para o transportador de triagem A. O tambor de crivagem do *trommel*, para além da malha que o caracteriza, contém umas facas que servem para romper os sacos ainda fechados que entram no seu campo de acção, aumentando, desta forma, a funcionalidade do próprio tambor, no sentido de encaminhar a maior quantidade possível de fracção fina para o Abre-Sacos.



Figura 3.10 - Abre-Sacos
(Fonte: Geraldo, 2008)

Teoricamente, se todos os RUB apresentassem um grau de pureza suficientemente razoável, em consequência de um correcto processo de recolha selectiva, ao sair do Abre-Sacos não seriam obrigados a passar por uma fase de triagem manual. No entanto, neste momento em Portugal, a recolha selectiva ainda não está suficientemente implementada no sentido de garantir um *input* de material para compostagem com esse tipo de qualidade.

Se os resíduos apresentarem uma qualidade mínima satisfatória são sujeitos a um separador magnético que desvia os materiais ferrosos para um contentor, enquanto o restante material é posteriormente descarregado em zonas de armazenamento distintas. Mas antes, ainda se dá um processo de pré-triagem onde se excluem os resíduos rejeitados e os materiais para reciclagem, nomeadamente, Papel/Cartão, Plásticos e Vidros.

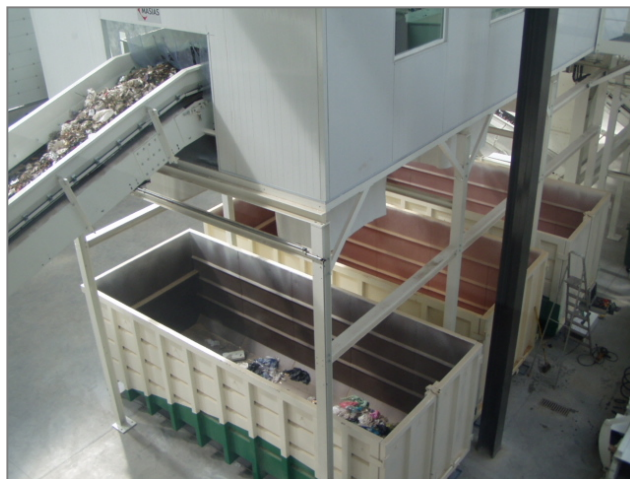


Figura 3.11 - Triagem B
(Fonte: Geraldo, 2008)

Após a passagem pelo Abre-Sacos, os RU atravessam toda a cabine de Triagem B (Figura 3.11), onde são removidos os têxteis e papel/cartão, e dão entrada noutra *trommel* que origina duas fracções distintas, fina inferior a 80mm e grosseira superior a 80mm. A fracção fina recolhida passa por um separador magnético que desvia os ferrosos para um contentor, enquanto o resto do material destina-se à pré-compostagem. A fracção grosseira é orientada para o Separador Balístico 1, onde é separada em três novas fracções: finos, planos e rolantes. O Separador Balístico é constituído por um conjunto de chapas perfuradas que estão paralelas umas às outras, com uma determinada inclinação. A inclinação das chapas pretende que os materiais mais pesados, volumosos e com formato mais arredondado, materiais rolantes, sejam conduzidos para a parte inferior, por efeito da gravidade. A fracção dos materiais planos, devido ao movimento das placas, desloca-se para a parte superior. A fracção dos finos, que foi recuperada pelos orifícios do Separador Balístico, junta-se aos finos do *trommel* 80mm e partilham o mesmo destino. A fracção rolante é descarregada a jusante da cabine de triagem, passando antes por um separador magnético para remover os materiais ferrosos. Depois da descarrega na cabine de triagem a fracção é sujeitada a um transportador reversível giratório que permite descarregar os rejeitados em contentores de uma forma doseada a contínua, permitindo funcionar com dois contentores de modo alternado (Figura 3.12).



Figura 3.12 - Rejeitados depositados em dois contentores distintos
(Fonte: Geraldo, 2008)

Os planos vão para o Separador Balístico 2 onde se separam em três fracções. Não existe diferença entre os materiais separados nos balísticos, dado que, de ambos saem fracção fina, rolantes e plano, sendo que, o que varia é a forma das plataformas. A granulometria em ambos é de 80mm, mas no Separador Balístico 1, a malha é redonda, e no Separador Balístico 2, é quadrada. A fracção planos do Separador Balístico 1 entra no Separador Balístico 2, originando as 3 fracções referidas A fina dirige-se ao separador magnético com destino à pré-compostagem e a grossa dirige-se a um separador óptico. Neste, o que é filme é prensado e o que não é filme junta-se à fracção grossa do *trommel* 300mm que passa na Triagem A e dá origem aos rejeitados (Figura 3.13).



Figura 3.13 - Triagem A
(Fonte: Geraldo, 2008)

Uma vez terminado o processo de Pré-Tratamento, a fracção orgânica é acumulada na zona de Mistura onde permanece até lhe ser adicionada uma quantidade de fracção vegetal e dar entrada nos túneis. A fracção vegetal, antes de ser misturada, passa por um triturador de maneira a que a sua acção no processo de compostagem seja eficaz uma vez que apresenta as dimensões adequadas. Tendo uma fracção orgânica, limpa de contaminantes, e uma fracção vegetal, com dimensões devidamente reduzidas, é possível criar uma mistura. Para garantir que essa mistura seja o mais

homogénea possível existe um misturador onde são depositadas as duas fracções em quantidades pré-determinadas. O material que sai desta máquina está devidamente preparado para dar entrada nos túneis de compostagem.

A compostagem é um processo de biodegradação de produtos de resíduos orgânicos, tais como produtos de resíduos de origem vegetal e alimentar, que pode ser realizado na presença ou na ausência de oxigénio, aeróbio ou anaeróbio, respectivamente.

Principalmente no início do processo são libertadas grandes quantidades de calor aumentando a temperatura do material a compostar até aos 60°C. Contudo, devido às elevadas temperaturas, grande parte da água do composto evapora e este pode ficar demasiado seco, atrasando o processo de compostagem. Para se conseguir uma boa decomposição e para evitar maus odores, controlados por um biofiltro que consiste numa mistura de raízes de pino cortadas, resultantes dos processos anaeróbios que se podem desenvolver, é essencial uma ventilação adequada do material a ser compostado. Numa etapa posterior são processados os compostos mais difíceis de decompôr, tal como a celulose e a lenhina. Esta é a fase mais lenta e dá-se a uma temperatura aproximadamente de 50°C. Finalmente, a matéria orgânica decompõem-se e converte-se em matéria inorgânica residual produzindo grandes quantidades de energia. Uma parte da energia é utilizada na criação de novos microrganismos. A energia que sobra é libertada em forma de calor.

Nos túneis de pré-compostagem fechada, mediante o controlo das condições interiores como a temperatura, caudal do ar e a rega, dá-se início ao processo de compostagem. Cada túnel incorpora os equipamentos e os instrumentos necessários para controlar as condições do processo. O sistema de tratamento de ar é formado por uma tubagem que capta o ar do sistema de recepção de resíduos biodegradáveis, com elevado teor de humidade, tremonhas das lamas, e o da nave da carga/descarga dos túneis novos. Esta tubagem está conectada à aspiração de ventiladores centrífugos. Depois da impulsão o ar do interior de cada túnel extrai-se, individualmente, através de um orifício que irá ligar-se aos restantes ventiladores num colector. O colector de saída de ar dos túneis está ligado a uma das extremidades de uma câmara de ar lavado. O ar passa num biofiltro de forma a não haver contaminações quando libertado para o exterior.

Posteriormente, os resíduos orgânicos são empilhados numa zona de maturação (Figura 3.14). O material é misturado com uma revolteadora (Figura 3.15), em intervalos regulares, ao longo de doze semanas. Este procedimento permite a oxigenação e humificação através de um sistema de rega incorporado. Todo o processo biológico fica concluído nesta etapa, tendo em conta que toda a matéria orgânica terá sido compostada. No entanto, estes resíduos possuem ainda materiais contaminantes, como vidro, areias e plástico que devem ser retirados tal como outros elementos indesejados.



Figura 3.14 - Pós-Compostagem, Maturação
(Fonte: Geraldo, 2008)



Figura 3.15 - Revolteadora
(Fonte: Geraldo, 2008)

A Afinação é um processo onde o material passa por um crivo (malha 12 mm), uma mesa densimétrica e um aspirador onde se separa a fracção grosseira, material estruturante recuperado, plásticos e outros elementos indesejáveis, da fracção fina, obtendo-se desta forma, o composto como produto final.

Na última etapa, denominada Ensacamento, ensaca-se o produto obtido, permitindo misturar diferentes tipos de composto com vista à melhoria das suas propriedades.

Assim, a tecnologia de compostagem pretende transformar resíduos orgânicos biodegradáveis pré-tratados mecanicamente num composto final de alta qualidade, permitindo a sua comercialização para aplicações agrícolas, bem como para a floricultura.

Na Figura 3.16 está esquematizada a estrutura da linha de funcionamento da CVO. É possível observar o fluxo de funcionamento da linha de RU e da linha de RUB, que em breve entrará em funcionamento, a separação em diferentes fracções e os destinos finais.

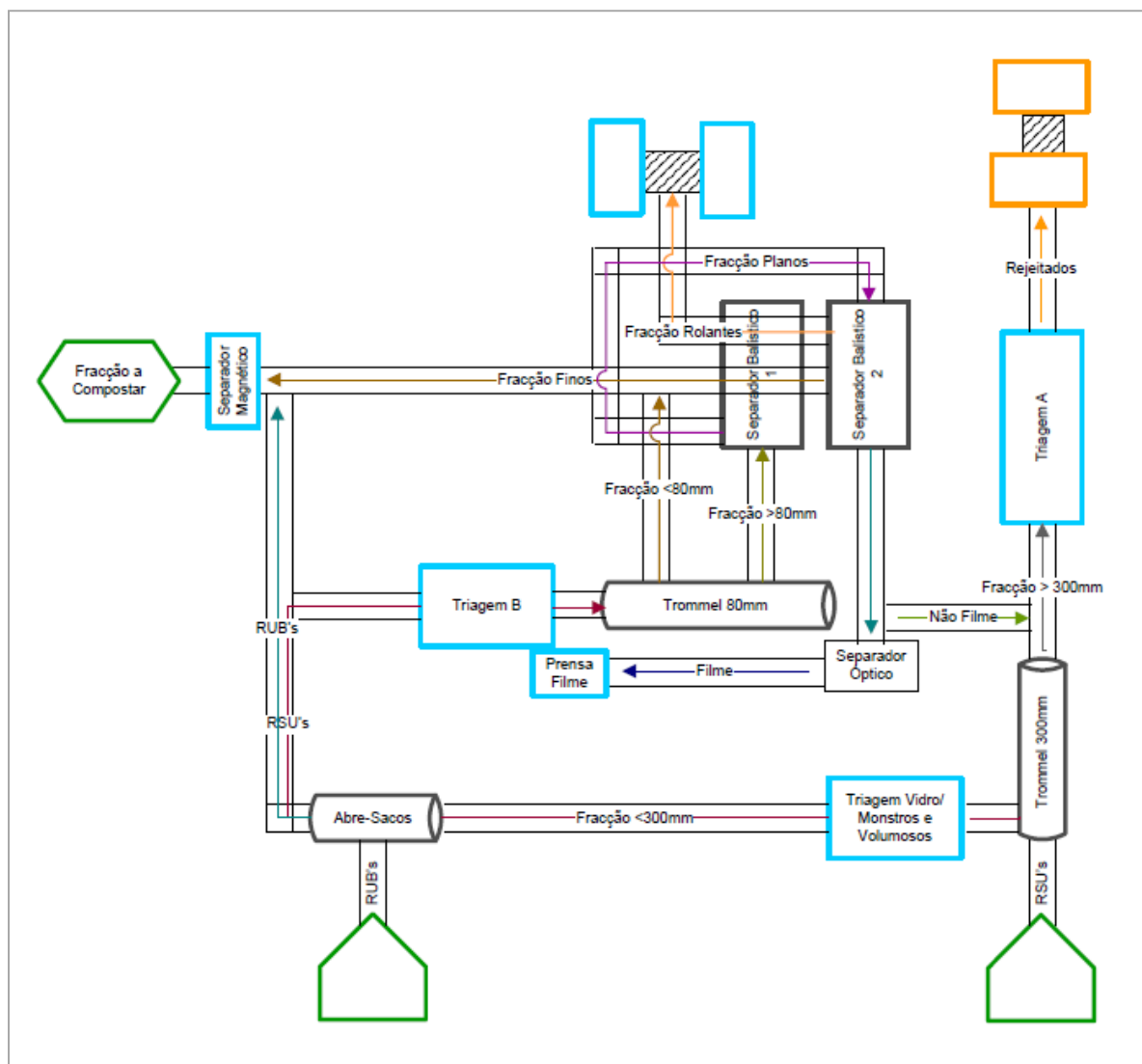


Figura 3.16 - Fluxo de Funcionamento da CVO – VALNOR
(Fonte: Geraldo, 2011)

As quantidades obtidas, em percentagem, em cada terminal da linha de funcionamento estão representadas na Figura 3.17.

Da totalidade de RU que dão entrada na CVO, o CDR que se obtém provem:

- 31% dos rejeitados do TM;
- 5% dos refugos da afinação.

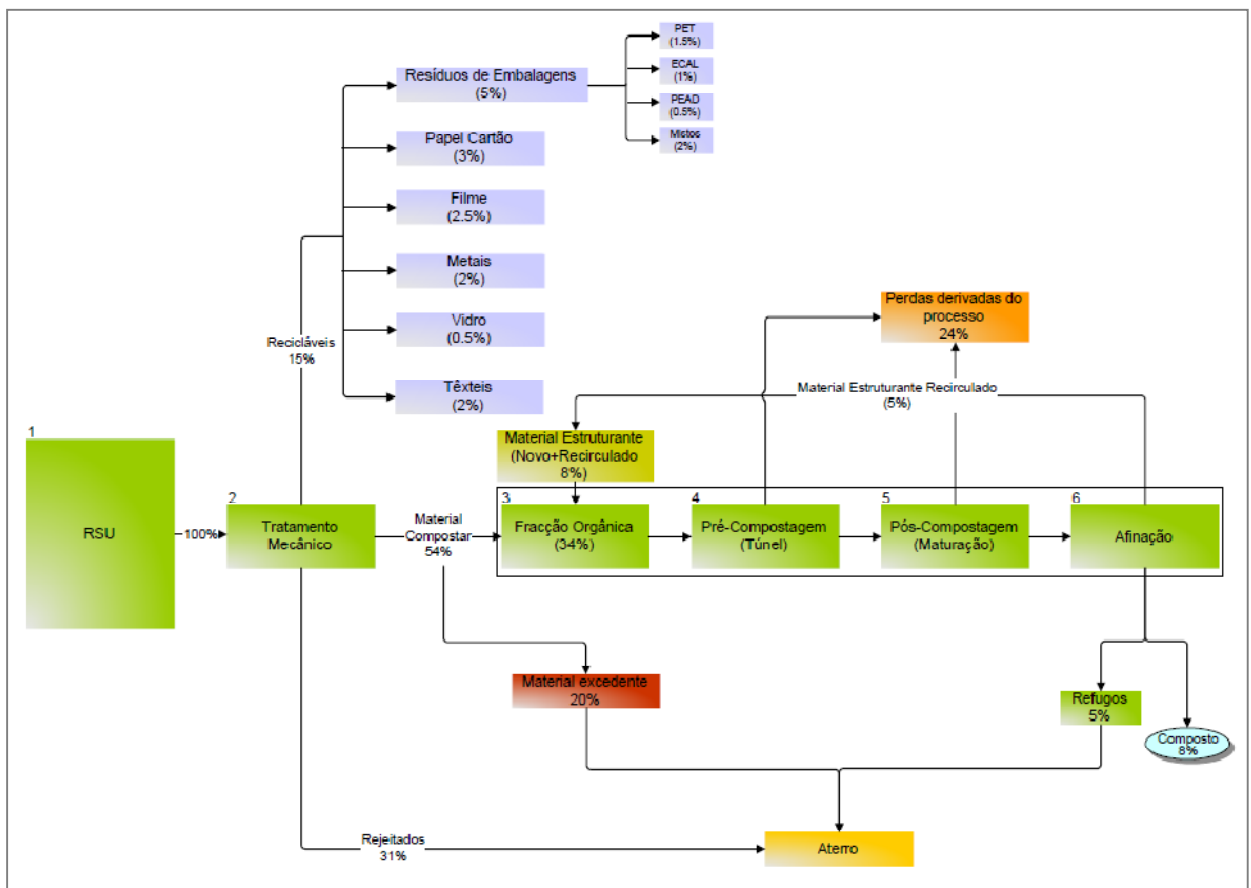


Figura 3.17 - Percentagens das quantidades tratadas e obtidas na linha de funcionamento da CVO – VALNOR
(Fonte: Geraldo, 2011)

3.1.2 Descrição da Central de Preparação de CDR

Descreve-se em seguida a Central de Preparação de CDR da VALNOR, cujo projecto foi levado a Concurso Público para a “Concepção, Construção e Fornecimento de uma Central de Preparação de CDR na VALNOR”.

A concepção da Central de Preparação de CDR considerou o dimensionamento dos equipamentos e órgãos da linha de preparação de CDR para um fluxo nominal de processamento de 20 t/h de resíduos que, na sua maioria, são materiais rejeitados do pré-tratamento mecânico da Central de Valorização Orgânica (TMB de RU) e da Instalação de Triagem Automática de Embalagens, esta também situada na área do aterro sanitário.

A concepção e construção de toda a Central de Preparação de CDR, incluindo o fornecimento, montagem e instalação dos equipamentos necessários à operação da mesma, contempla as seguintes zonas laborais:

- Zona de recepção, armazenamento e alimentação dos resíduos que constituirão a matéria-prima para a preparação de CDR;
- Zona de trituração primária e secundária;
- Zona de armazenamento de CDR, produto acabado;
- Zona de expedição;
- Zona de controlo do processo e de quadros/instalações eléctricas.

A referida Central de Preparação de CDR será construída em local adjacente à CVO, salientando-se que as figuras seguintes que se apresentam foram retiradas do projecto de “Concepção, Construção e Fornecimento de uma Central de Preparação de CDR na VALNOR” (VALNOR, 2010 – de A a E).

Apresenta-se na Figura 9.1, nos Anexos da presente dissertação, um esquema representativo do balanço de massas global do processo desta Central de Preparação de CDR. A linha de funcionamento da Central tem como objectivo reduzir a humidade, assim como a granulometria (através de uma triagem) e remover contaminantes como cloro, mercúrio, ferrosos e leves.

Esta central, correspondendo a um TM de 20t/h à entrada da Central de Preparação, tem como objectivo a obtenção de um CDR com as seguintes características:

- Granulometria de 20 a 25 mm;
- Consumo de energia eléctrica de 53 kW.h/t

A recepção dos resíduos é feita na nave onde está inserida a Zona de recepção, armazenamento e alimentação de resíduos, na qual os camiões efectuem as descargas. Aqui encontra-se o equipamento móvel com garra para empilhar os resíduos na zona de recepção de forma a libertar espaço para as descargas seguintes, otimizar a área para armazenamento de resíduos, e alimentar a linha de produção de CDR. Este equipamento consiste numa máquina giratória com rodas de pneus sólidos, equipada com pinça hidráulica.

A linha de tratamento de CDR será implantada numa nave adjacente, numa área designada por zona de trituração primária e secundária.



Figura 3.18 - Equipamento móvel Central de Preparação de CDR

A velocidade deste transportador, do equipamento móvel, Figura 3.18, pode ser ajustada, em cada momento, para valores óptimos, em função do tipo de material que se está a processar, uma vez que este equipamento tem associado um variador de frequência.

Após elevar o material, o transportador anteriormente referido, descarrega-o no triturador primário (Figura 3.19).



Figura 3.19 - Triturador primário

Este triturador possui uma capacidade horária não inferior a 20 toneladas e não existindo dados concretos sobre o material de entrada, considerou-se no projecto que a densidade do mesmo rondaria os 130 kg/m^3 . A granulometria média dos resíduos triturados situa-se entre os 120 e os 150 mm. Existe a possibilidade do ajuste individual das contra lâminas.

O triturador primário está implantado de forma a poder ser alimentado em simultâneo quer pelo transportador, atrás referido, quer pelo lado oposto, alimentação directa de resíduos volumosos,

como por exemplo colchões, através de uma pá carregadora. A alimentação através desta será realizada a partir de uma nave adjacente, cuja área toma a designação de zona de recepção de volumosos. O material triturado é depois recolhido pelo transportador de tela.

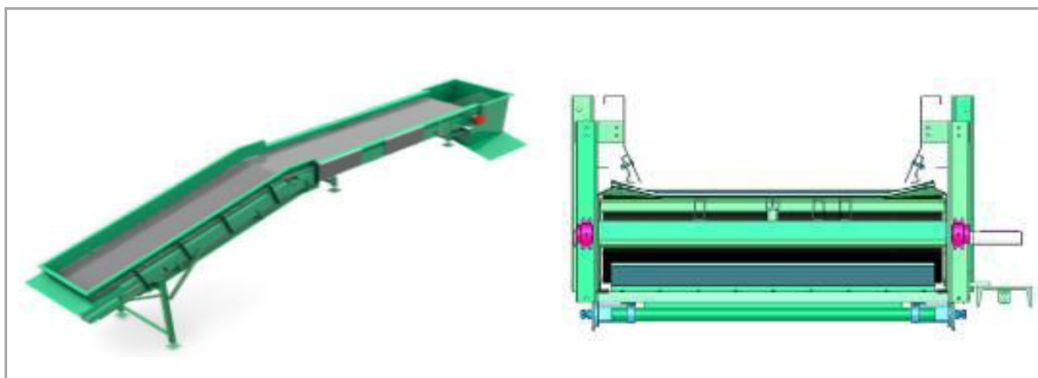


Figura 3.20 - Transportador

Na parte inferior do transportador, Figura 3.20, estão instalados rolos com anéis de limpeza, que permitem o apoio da tela no seu retorno. O accionamento da tela é feito através de um motor redutor de grupo cónico, de eixo oco, fixado directamente sobre o eixo do cilindro motriz. Junto a este é instalada uma tremonha, que faz o descarregamento para o equipamento seguinte.

Todos os transportadores possuem um detector de rotação, um detector de enchimento e uma caixa de comando local com chave, equipada com botoneira de paragem, arranque e comutador local/remoto.

Sobre o transportador, atrás referido, encontra-se instalado o Separador de metais ferrosos, Figura 3.21, onde é feita a separação deste tipo de materiais.



Figura 3.21 - Separador de metais ferrosos

Este separador é constituído por um potente electroíman que serve de estrutura principal e corpo de suporte a uma pequena tela nervurada que envolve o electroíman. As nervuras da tela arrastam os elementos ferrosos até os colocar fora do alcance do campo magnético gerado pelo electroíman, donde se desprendem livremente, realizando-se desta forma a separação electromagnética, sendo descarregados depois para um contentor.

O restante material segue para o transportador, que tem a dupla função, acelerar e repartir este fluxo que segue para o equipamento de separação de materiais impróprios pesados do tipo "*wind hopper*" (Figura 3.22), que é utilizado para dividir o material em duas fracções distintas, fracção pesada e a fracção leve.



Figura 3.22 - Separador de impróprios pesados *Wind Hopper*

À entrada, o material é sujeito à acção de uma boquilha de injeção de ar, que provoca uma forte sopro de ar. O orifício da boquilha é ajustável, permitindo regular o ângulo de sopro. A velocidade do ar na boquilha é de 30-40 m/s e depende da secção transversal de abertura e do ajuste das rotações do ventilador.

A fracção leve é encaminhada para a designada "zona de calma", sendo depois recolhida pelo transportador, Figura 3.23. A fracção pesada segue, igualmente, através dos transportadores.

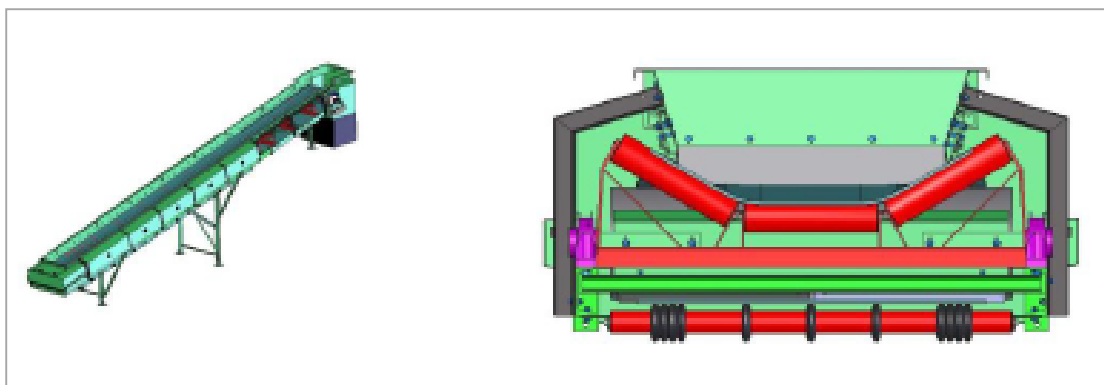


Figura 3.23 - Transportador, vista perfil e vista anterior

Na parte inferior do transportador, estão instalados rolos com anéis de limpeza, que permitem o apoio da tela no seu retorno. O accionamento da tela é feito através de um motor redutor de grupo cónico, de eixo oco, fixado directamente sobre o eixo do cilindro motriz. Junto ao eixo motriz é instalada uma tremonha, que descarrega para o equipamento seguinte.

O transportador encaminha depois a fracção pesada, considerada refugo, para o transportador reversível giratório, do tipo “borboleta”, representado na Figura 3.24, que distribui este fluxo ao longo de contentores de refugo de 30 m³, colocados em paralelo, situados numa nave adjacente, designada por zona de expedição, onde facilmente é possível remover/substituir os mesmos com recurso a viaturas do tipo “*ampliroll*”.

Todos os tapetes transportadores são equipados com sensor de posição e velocidade, sensor de nível de enchimento, e comando local com chave, botoneira de paragem, arranque e comutador local/remoto.



Figura 3.24 - Transportador reversível giratório (tipo “borboleta”)

Uma terceira fracção, que não cai directamente no transportador de recolha, e que não segue para a “zona de calma”, é descarregada no transportador inclinado tipo “banana”, que se encontra dentro

do "wind hopper". Aqui, em resultado da posição, inclinação e velocidade da tela, cujos parâmetros podem ser facilmente alterados em função do material a tratar, são separadas as fracções leves das pesadas, para os respectivos locais, anteriormente referidos. A possibilidade de alterar vários dos parâmetros envolvidos garante uma enorme flexibilidade.

Relativamente à fracção leve que é recolhida pelo transportador, continua através do transportador inclinado com tela nervurada que por sua vez a descarrega no transportador reversível, que orienta este fluxo de forma alternada para os 2 trituradores secundários, Figura 3.25, de modo a obter a granulometria pretendida, entre 20 a 25 mm.



Figura 3.25 - Triturador Secundário

Os trituradores secundários considerados para este projecto são do mesmo modelo, e trabalham em paralelo, sendo constituídos por um rotor de velocidade variável, accionado por motor eléctrico com transmissão de correias. Ao longo do rotor estão acopladas lâminas de aço, as quais permitem que, sempre que é atingido um determinado nível de desgaste na aresta de corte, possam ser rodadas e montadas numa posição tal, em que uma nova aresta de corte, completamente afiada, permite voltar a efectuar mais um ciclo de trabalho, sem ser necessário substituir toda a peça desgastada.

Estes trituradores possuem também um conjunto de contra-lâminas soldadas à estrutura, bem como tremonhas de carga com um sistema que permite empurrar os resíduos para o rotor. Uma central hidráulica controla todos os cilindros hidráulicos. Na parte inferior destes, está instalada uma malha perfurada de 20 mm.

À saída dos trituradores secundários estão colocados em paralelo os transportadores sobre cada um dos quais está instalado um Separador de metais ferrosos de modo a retirarem eventuais elementos ferrosos que ainda circulem ao longo deste fluxo.

O material limpo é finalmente descarregado pelos mesmos transportadores num ponto de acumulação de material situado numa nave adjacente, cuja área é designada por zona de armazenamento de CDR.

Nos pontos críticos desta instalação, nomeadamente na tremonha do triturador primário e nas tremonhas de ambos os trituradores secundários, está prevista a instalação de bocas de aspiração que fazem parte do sistema de captação de poeiras, cuja acção consiste na eliminação das mesmas reduzindo o risco de incêndio.



Figura 3.26 - Bocas de aspiração e captação de poeiras

As poeiras são depois recolhidas no Filtro de mangas, que será instalado no exterior, Figura 3.26. Este filtro está dimensionado para tratar um caudal de 6000 m³/h, 2000 m³/h em cada ponto de aspiração.

Nos pontos críticos da Central, nomeadamente, os trituradores e as quedas entre tapetes transportadores, está previsto o fornecimento e montagem de sistema apropriado para captação de poeiras, de forma a reduzir a sua acumulação e o risco de incêndio. Pretende-se um filtro de mangas para um caudal não inferior a 18000 m³/h.

Todos os equipamentos obedecem à legislação, normas e directivas comunitárias, nomeadamente, as Directivas de Máquinas e Equipamentos de Trabalho e possuem dispositivos de paragem de emergência.

A linha de preparação de CDR integra ainda o fornecimento de passadiços e plataformas para acesso em segurança a todos os equipamentos e componentes que careçam de manutenção ou eventual substituição. Os acessos cumprem com a legislação em vigor no que respeita a larguras, guarda-corpos, protecções e garantem espaço para as eventuais operações/tarefas a executar em cada local.

Esta Central de Preparação de CDR é uma instalação que se espera que entre em funcionamento ainda em 2011.

O desenvolvimento desta solução de preparação de CDR, que se considera embrionária no nosso território, teve por base a realização de ensaios sobre amostras do refugo recolhido em pontos seleccionados das linhas de processo da CVO por compostagem e estação de Triagem multimateriais da VALNOR, de forma a esclarecer qual a sua viabilidade de valorização em centrais de co-incineração, ou seja, neste caso os fornos da cimenteira SECIL.

Foi essencial saber que o CDR poderia ser utilizado em co-incineração nas cimenteiras, facto que até agora ainda não tinha sido avaliado, nem as necessárias adaptações para a sua utilização. É esse o facto que se retira deste estudo de caso da VALNOR. Em seguida faz-se uma breve descrição da actividade da SECIL.

3.2 Empresa SECIL

A SECIL dinamizou a sua actividade de co-incineração em Junho de 2005 com RIB. Obteve a sua licença de Instalação e Exploração em Outubro de 2006, sendo autorizada a valorização de RIP. Iniciou a valorização de RIP a 29 de Novembro de 2006 tendo realizado um conjunto de medições com o objectivo de avaliar a influência dos RIP nas emissões para a atmosfera e no processo de fabrico. No entanto a actividade de co-incineração de RIP foi suspensa em Janeiro de 2007 por ordem do tribunal, sendo retomada em 2008 após a autorização desse mesmo tribunal (SECIL, 2011).

Todos os testes realizados para a Análise de Risco 2007, incluída no Estudo de Impacte Ambiental (EIA), demonstraram que a maioria dos compostos orgânicos presentes nos resíduos e nos combustíveis tradicionais era destruída nos fornos de cimento. Uma porção muito reduzida dos componentes orgânicos dos resíduos podia, contudo, escapar à destruição, e outros compostos podiam ser produzidos em pequenas quantidades como resultado da combustão incompleta.

Contudo, os resíduos são sujeitos a uma temperatura elevada, de 2000°C, com um longo tempo de residência, promovendo assim, a destruição dos compostos orgânicos, que constituem a maior fracção dos chamados combustíveis alternativos (SECIL, 2007 – A).

No processo de fabrico de clínquer e cimento, representado na Figura 3.27, os resíduos podem ser tratados ou valorizados como matérias-primas secundárias ou combustíveis alternativos em quase todas as secções de produção, na britagem, na moagem de cru e na moagem de cimento como matérias-primas secundárias ou constituintes cimentícios, ou na cozedura como combustíveis alternativos (Abreu, 2010).

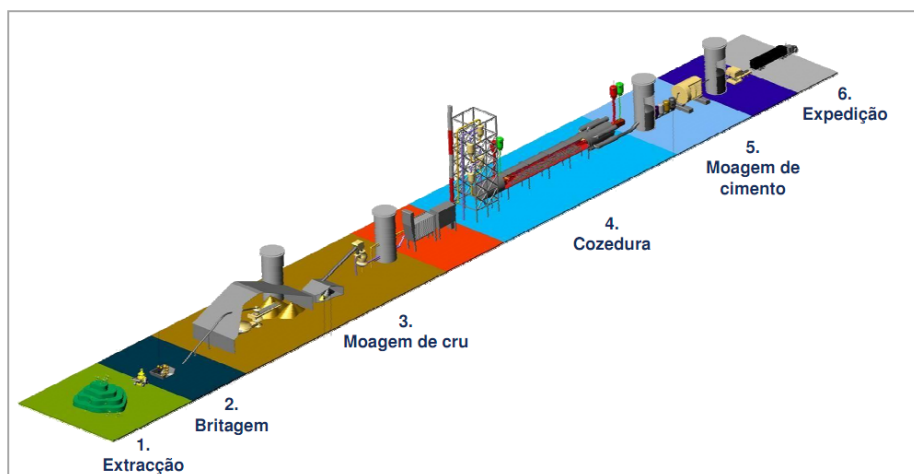


Figura 3.27 - Representação esquemática das diferentes etapas no processo de fabrico do cimento
(Fonte: SECIL, 2007 - B)

Considerando que a VALNOR através do protocolo com a SECIL pretende utilizar o CDR como combustível a valorizar por co-incineração, este material tem uma entrada diferente da dos combustíveis fósseis utilizados. Com efeito, quer o CDR quer os outros combustíveis alternativos têm diferentes locais de inserção conforme a zona do forno e as respectivas temperaturas. Isto deve-se ao facto de se pretender evitar choques de temperatura que influenciem a temperatura no forno. Na Figura 3.28 estão representados os *inputs* de combustíveis ao longo do processo de fabrico, assim como o respectivo circuito.

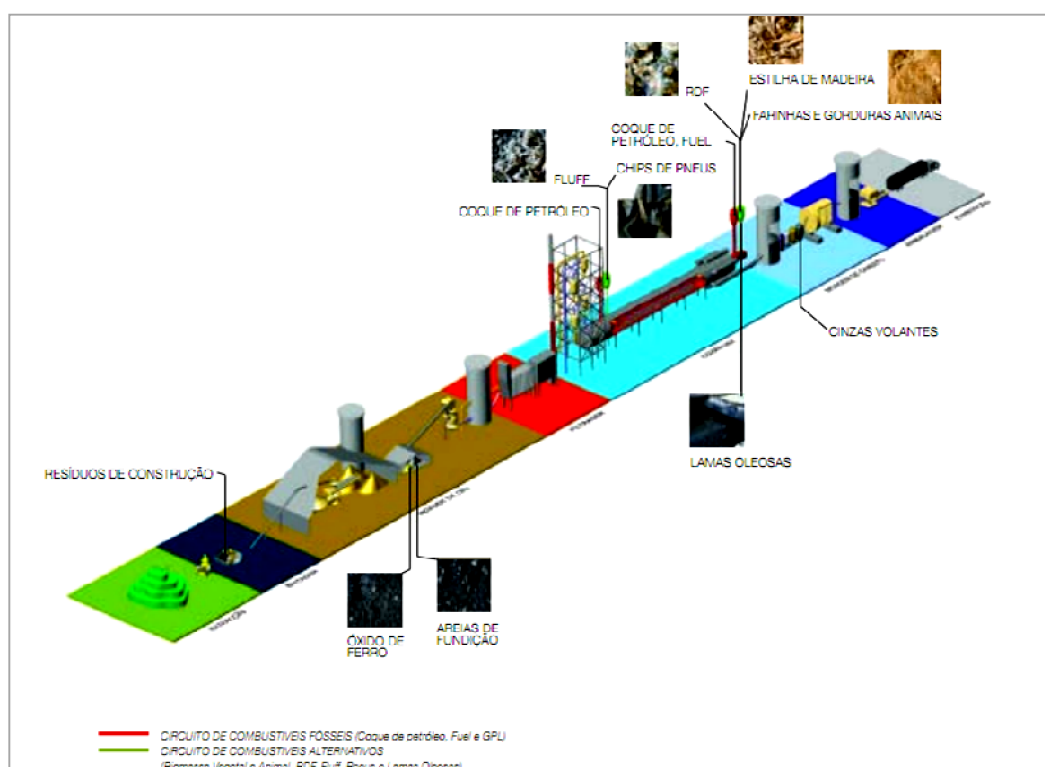


Figura 3.28 - Representação esquemática do circuito dos combustíveis fósseis e alternativos na cimenteira
(Fonte: SECIL, 2007 - B)

Na linha de processo do cimento, a matéria-prima, calcário e marga, é retirada das pedreiras. De seguida, este material inerte passa por um britador que a parte, de modo a ficar mais pequena, inferior a 9 cm. Após estas etapas é necessário reduzir a pedra a pó e corrigir quimicamente o material. A este processo chama-se moagem de cru. Posto isto, o material é cozido em fornos que atingem os 2000°C, criando uma rocha artificial designada por clínquer. Para aquecer os fornos os combustíveis utilizados são o carvão, coque de petróleo, fuelóleo e/ou combustíveis alternativos para co-incineração. O clínquer, depois de moído e misturado com gesso e calcário e outros aditivos, dá origem aos diferentes tipos de cimento. Por último vem a ensilagem, a embalagem e a expedição (SECIL, 2007 – B).

Tendo a VALNOR estabelecido um protocolo com a SECIL para que se pudesse avaliar da possibilidade de se poder valorizar o CDR produzido naquela empresa por co-incineração, desenvolveram-se trabalhos de recolha de amostras deste material. As respectivas análises permitiram retirar os dados cuja avaliação crítica são a base do estudo do caso desta dissertação.

Descreve-se a seguir a metodologia adoptada.

4. METODOLOGIA DOS TRABALHOS REALIZADOS

4.1 VALNOR – amostras de CDR recolhidas e analisadas

A VALNOR realizou durante o ano de 2010 um conjunto de análises a uma série de amostras retiradas na CVO para se determinar o potencial e a viabilidade do CDR para ser aproveitado energeticamente como combustível alternativo, no âmbito do protocolo estabelecido com a SECIL. Em termos da metodologia para a preparação da amostra foram adoptados os seguintes procedimentos (Carvalho, 2005);

1. Misturam-se os resíduos, efectuando-se diversos revolvimentos.
2. Seguidamente espalham-se os resíduos de forma a constituir um “disco” grosseiro.
3. Divide-se este “disco” em quatro partes, sensivelmente iguais e rejeitaram-se dois quartos opostos e misturam-se os quartos restantes.
4. Repete-se uma vez esta sequência de operações.

Para suporte deste estudo de caso, utilizaram-se todas as análises das amostras recolhidas, tendo-se eliminado aquelas que se consideraram “não conformes”..

No conjunto da VALNOR foram dez os ensaios realizados entre 16 de Março e 23 de Março de 2010, recolhidas em diferentes pontos dentro de um circuito interno seleccionado da instalação.

Da análise dos Boletins de Ensaio das amostras, das reuniões realizadas na VALNOR e das observações efectuadas na instalação, a localização das amostras recolhidas são:

- o Amostra n.º 1, obtida no processo de Triagem, correspondendo a material da triagem de embalagens, mas que não passou no separador densimétrico;
- o Amostra n.º 2, obtida no processo de Triagem, correspondendo a material da triagem de embalagens, mas que passou por três equipamentos, Pré-triturador, Separador densimétrico e Triturador final;
- o Amostra n.º 3, não triada, correspondendo a material dos rejeitados da CVO;
- o Amostra n.º 4, triada, correspondendo a material da triagem de embalagens, e passou pelos três equipamentos, Pré-triturador, Separador densimétrico e triturador final; Amostra semelhante à Amostra n.º 2;
- o Amostra n.º 5, corresponde a material dos rejeitados da afinação da CVO, foi rejeitada;
- o Amostra n.º 6, corresponde a material dos rejeitados da afinação da CVO, foi rejeitada;
- o Amostra n.º 7, não triada da CVO, correspondendo a material dos rejeitados da CVO;
- o Amostra n.º 8, triada da CVO, correspondendo a material da triagem de embalagens, que passou pelos três equipamentos, Pré-triturador, Separador densimétrico e Triturador final;
- o Amostra n.º 9, obtida no processo de Mistura;
- o Amostra n.º 10, obtida no processo de Afinação.

4.2 Amostras de CDR a nível Nacional – outros casos

Após solicitação e contactos diversos com os respectivos sistemas de gestão de resíduos, foram disponibilizadas amostras de diferentes origens, nomeadamente, doze amostras da ERSUC, duas amostras da TRATOLIXO e duas amostras da AMARSUL. Apesar do fraco número de amostras da TRATOLIXO e da AMARSUL, os dados retirados foram validados, pois tendo em conta o universo reduzido que dispunha procurou-se viabilizá-los de modo a poder caracterizar uma faixa do território nacional ao nível dos possíveis CDR e da sua viabilidade.

4.2.1 ERSUC

A ERSUC - Resíduos Sólidos do Centro S.A, localizada no Litoral Centro de Portugal Continental, é responsável pela gestão e tratamentos dos RU do Litoral Centro, recebe, trata e valoriza os RU dos trinta e seis Municípios que compõem o seu sistema, Águeda, Albergaria-a-Velha, Alvaiázere, Anadia, Ansião, Arganil, Arouca, Aveiro, Cantanhede, Castanheira de Pêra, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Estarreja, Figueira da Foz, Figueiró dos Vinhos, Góis, Ílhavo, Lousã, Mealhada, Mira, Miranda do Corvo, Montemor-o-Velho, Murtosa, Oliveira de Azeméis, Oliveira do Bairro, Ovar, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penacova, Penela, S. João da Madeira, Sever do Vouga, Soure, Vagos, Vale de Cambra e Vila Nova de Poiares, abrangendo uma área total de 6.699 km² e servindo uma população estimada de 970.746 habitantes. O Aterro Sanitário de Coimbra recebeu em 2009 cerca de 112 854 toneladas de RU mais 14 536 toneladas da Estação de transferência de Góis, o que fez um total de 127 389 toneladas de RU depositados (ERSUC, 2011).

Para avaliação das características do CDR expectável a produzir nas TMB da ERSUC, em construção em Aveiro e Coimbra, foram realizados ensaios sobre amostras recolhidas no âmbito da campanha de caracterização física dos RU do universo geográfico da ERSUC.

Com base na amostragem e caracterização dos RU, foi possível determinar o potencial do eventual CDR que se pode obter quando aqueles RU forem objecto de TM.

As amostras de RU foram esquetejadas e submetidas a uma triagem manual para eliminar as fracções mais grosseiras. As amostras para caracterização do potencial de CDR foram colhidas num período entre Agosto de 2008 e Dezembro 2009. As Amostras n.º 1, 2, 3, 4, 5 e 6 dizem respeito ao ano de 2008 e as amostras n.º 7, 8, 9, 10, 11 e 12 ao ano de 2009.

As amostras foram submetidas a diferentes métodos de amostragem, apresentados na Tabela 4.1. Todavia a metodologia para o tratamento das amostras está em conformidade com os parâmetros que se pretendem a analisar.

Na Tabela 4.1 estão os parâmetros analisados pela ERSUC e os respectivos métodos de amostragem

Tabela 4.1 - Parâmetros e respectivos métodos de amostragem adoptados pela ERSUC
(Fonte: ERSUC, 2010)

Parâmetro	Unidades	Método
H ₂ O	% (tal qual)	CEN/TS 15414-1
Cinzas	% (base seca)	CEN/TS 15403
PCI	kcal/kg (tal qual)	CEN/TS 15400
PCI	kJ/kg (tal qual)	
Carbono	% (base seca)	M.M.8.6 (A.E.)
Hidrogénio		
Azoto		Combust/C.I.
Cloro		
Enxofre		M.M.8.6 (A.E.)
Vanádio	mg/kg (base seca)	SMEWW 3120 (ICP)
Crómio		
Níquel		
Cobre		
Zinco		
Arsénio		M.M. 5.2 (EAA-GH)
Cádmio		SMEWW 3120 (ICP)
Antimónio		M.M. 5.2 (EAA-GH)
Mercúrio		M.M. 5.3 (EAA-VF)
Mercúrio	mg/kg (tal qual)	
Chumbo	mg/kg (base seca)	SMEWW 3120 (ICP)
Manganês		
Flúor	% (base seca)	Combust/C.I.

4.2.2 TRATOLIXO

Em 1990 a Associação de Municípios para o Tratamento de Resíduos dos concelhos de Cascais, Mafra, Oeiras e Sintra (AMTRES) criou a TRATOLIXO EIM. Trata-se de uma empresa intermunicipal responsável pela Gestão, Tratamento e Valorização dos RU destes concelhos. Tem como serviços o tratamento, valorização e deposição final, recuperação e reciclagem, transporte e comercialização dos materiais transformados, composto e materiais recicláveis, (Portal Ambiente Online, 2011).

Em 2000, com a adesão do Município de Mafra à AMTRES, o Sistema alcançou a sua configuração actual, abrangendo uma área geográfica de 753 km² e servindo uma população de 877 mil habitantes. Face ao esgotamento da capacidade do Aterro Sanitário de Trajouce e havendo dificuldade em encontrar um espaço para o novo aterro, segundo TRATOLIXO (2011) a AMTRES tomou a iniciativa de, no início de 2003, propor à TRATOLIXO o desenvolvimento de um Plano Estratégico cujos objectivos seriam encontrar a solução com maior sustentabilidade económica e ambiental, tendo por base a disponibilidade do Município de Mafra para receber um aterro de refugos, indispensável a qualquer sistema de gestão de resíduos. Foi então que a TRATOLIXO apresentou, a 10 de Março de 2003, o Plano Estratégico de Resíduos para os Municípios de Cascais,

Maфра, Oeiras e Sintra (PERECMOS) que foi aprovado em Assembleia Intermunicipal da AMTRES em Setembro desse ano. Este Plano estabeleceu as grandes linhas de orientação estratégica, os pressupostos de base, os objectivos e as prioridades, para o sistema AMTRES.

A solução que está hoje a ser implementada, compostagem + digestão anaeróbia + incineração + aterro sanitário de apoio, foi a que resultou deste estudo, aceite e financiado pelo Fundo de Coesão, ao qual se havia candidatado. Refira-se, ainda, que esta solução foi considerada como parte integrante da ENRRUBDA em conformidade com a política nacional para os resíduos. Nas instalações de Trajouce são tratadas anualmente mais de 480 mil toneladas de RU, produzidas pelos cerca de 877 mil habitantes da área de intervenção (TRATOLIXO, 2011).

Tendo a necessidade de caracterizar os refugos que enviavam para a VALNOR, no âmbito de uma intervenção que foi devida ao esgotamento do aterro sanitário em Trajouce, a TRATOLIXO em colaboração com a VALNOR submeteu também o material retirado no TM da central de Trajouce às análises realizadas na SECIL.

As amostras foram colhidas no dia 23 e 24 de Março de 2010.

4.2.3 AMARSUL

Em 1997, foi criada a AMARSUL – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A., tendo-lhe sido atribuída a concessão de exploração e gestão do Sistema Multimunicipal de Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos da Margem Sul do Tejo, por um período de vinte e cinco anos. O capital social da AMARSUL pertence em 51% à EGF – Empresa geral de fomento, detida a 100% pela AdP – Águas de Portugal, SGPS, S.A., e 49% aos municípios inseridos na área de actuação, nomeadamente, Alcochete, Almada, Barreiro, Moita, Montijo, Palmela, Almada, Seixal, Setúbal e Sesimbra. Actualmente, a AMARSUL tem a concessão para o tratamento e valorização dos RU dos nove municípios da Península de Setúbal. As suas infra-estruturas estão localizadas nos três Ecocentros em Palmela, Seixal e Setúbal, para além das componentes pertencentes ao Sistema de Recolha Selectiva, Ecopontos e Ecocentros (AMARSUL, 2011).

Em colaboração com a VALNOR, a AMARSUL aquando da requalificação da central de Compostagem de Setúbal encaminhou todo o refugo produzido para o aterro de Avis. Neste contexto foi também avaliado este refugo/CDR. Estas amostras foram colhidas nos dias 23 e 24 de Março de 2010.

4.3 Comparação com NP 4486 de 2008

A conformidade de classificação do CDR tem de ser demonstrada por comparação dos valores medidos para cada parâmetro e os valores limite para as classes, definidos no sistema de classificação, Tabela 2.10. Os três parâmetros utilizados para a classificação permitem descrever de um modo rápido, mas simplificado, o tipo de CDR. Quanto mais baixa forem as classes melhor é a classificação, ou seja, PCI mais elevado e baixos teores de Cl e Hg. Não obstante, a classificação não é suficiente para um possível utilizador que necessita de uma descrição mais detalhada do combustível (NP 4486, 2008).

No contexto da produção de CDR, a gestão de qualidade assenta no princípio de que o aumento de conhecimento de todo o processo de produção permite a redução da quantidade de amostras e análises aos produtos finais. A NP 4486 de 2008 é uma base para o desenvolvimento de um sistema de gestão de qualidade para a produção de CDR, destinada a entidades que ainda não tenham um sistema já implementado.

4.4 Comparação com dos PCI de combustíveis fósseis

Como o objectivo da utilização do CDR é avaliar a possibilidade de este poder substituir o combustível fóssil, então importa avaliar o respectivo valor de PCI para se comparar com o PCI do combustível fóssil utilizado, e deste modo ponderar a viabilidade da sua substituição.

Com base nos resultados obtidos, apresentam-se os valores dos PCI das amostras comparados com os valores dos PCI dos combustíveis fósseis mais utilizados:

- Carvão - PCI igual a 6250 kcal/kg,
- Fuelóleo - PCI igual a 9600 kcal/kg,
- Gasóleo - PCI igual a 10 200 kcal/kg.

Os valores dos PCI dos combustíveis fósseis estão em conformidade com o Decreto-Lei 199/2007 de 18 de Maio.

4.5 SECIL

Como metodologia para se avaliarem os efeitos das emissões de CO₂, as poupanças obtidas pela substituição de combustível fóssil, a influência no processo de fabrico de cimento e os impactes ambientais da SECIL pela utilização do CDR como combustível alternativo, tornou-se necessário realizar ensaios laboratoriais sobre as amostras anteriormente referidas. Só da posse dos resultados obtidos é possível validar a possibilidade de valorização do CDR pela co-incineração. Paralelamente torna-se necessário aferir quais as alterações que se podem ocorrer com esta intervenção no âmbito das metas para 2020 para as emissões de GEE.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para dar seguimento aos objectivos propostos, são apresentados os boletins de ensaios das análises realizadas para cada uma das instalações identificadas anteriormente. Os dados obtidos são analisados e apresentados em figuras para posterior interpretação e discussão.

5.1 VALNOR S.A.

De seguida são apresentados os boletins de ensaios da VALNOR e a análise dos resultados.

Tabela 5.1 - Boletins de ensaio VALNOR
(Fonte: SECIL, 2010 - B)

Designação	IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA									
	Amostra N.º 1	Amostra N.º 2	Amostra N.º 3	Amostra N.º 4	Amostra N.º 5	Amostra N.º 6	Amostra N.º 7	Amostra N.º 8	Amostra N.º 9	Amostra N.º 10
Parâmetros (base seca, excepto *)	16/03/2010	16/03/2010	17/03/2010	18/03/2010	19/03/2010	19/03/2010	22/03/2010	22/03/2010	23/03/2010	23/03/2010
(*) H ₂ O (%)	37,3	31,6	43,8	26,0	42,7	42,7	35,1	22,7	28,4	21,6
Cinzas (%)	14,9	16,6	39,8	15,4	19,0	18,4	18,3	15,0	14,8	29,8
Voláteis (%)	75,5	74,3	56,6	76,4	71,4	71,9	74,4	77,3	76,0	60,7
PCS (cal/g)	4892,4	4704,1	3138,3	5222,4	4153,4	4467,9	4736,2	5653,7	4807,1	4154,0
PCI (cal/g)	4718,6	4532,5	2996,4	4995,6	3991,7	4302,6	4548,1	5364,9	4644,4	3988,8
Carbono (%)	50,0	48,8	34,60	51,5	44,5	46,0	48,7	52,1	48,8	42,9
Hidrogénio (%)	5,56	5,40	3,98	6,01	5,09	4,82	5,76	5,95	5,57	4,83
Azoto (%)	1,47	1,20	1,28	0,97	1,46	3,68	1,49	1,02	0,95	1,92
Enxofre (%)	0,16	0,14	0,17	0,14	0,19	0,20	0,17	0,15	0,16	0,43
Sódio (%)	0,56	0,44	0,76	0,38	0,62	0,55	0,45	0,49	0,37	0,55
Potássio (%)	0,22	0,23	0,79	0,22	0,57	0,54	0,57	0,24	0,22	0,62
Alumínio (%)	0,57	0,61	0,76	0,78	0,53	0,58	0,52	0,68	0,54	0,71
Fósforo (%)	0,10	0,10	0,27	0,09	0,18	0,15	0,15	0,09	0,07	0,44
Cloro (%)	0,38	0,39	0,69	0,33	0,59	0,53	0,55	0,46	0,36	1,01
Cobre (%)	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	0,10
Zinco (%)	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	0,05
Chumbo (%)	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: (-) valor nulo ou quase nulo

Tabela 5.2 - Boletins de ensaio VALNOR (continuação)
(Fonte: SECIL, 2010 - B)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA										
Designação	Amostra N.º 1	Amostra N.º 2	Amostra N.º 3	Amostra N.º 4	Amostra N.º 5	Amostra N.º 6	Amostra N.º 7	Amostra N.º 8	Amostra N.º 9	Amostra N.º 10
Parâmetros (base seca, exceto *)	16/03/2010	16/03/2010	17/03/2010	18/03/2010	19/03/2010	19/03/2010	22/03/2010	22/03/2010	23/03/2010	23/03/2010
Vanádio (ppm)	6,0	8,3	11,9	5,8	5,8	7,6	5,8	5,7	4,7	7,9
Crómio (ppm)	249,2	195,9	273,9	113,5	148,1	144,5	112,0	101,4	110,1	172,3
Cobalto (ppm)	10,2	8,8	7,3	3,0	3,9	4,4	4,6	5,3	3,9	10,4
Níquel (ppm)	46,5	64,0	82,4	33,3	46,1	43,0	233,0	40,8	38,2	82,4
Cobre (ppm)	152,6	-	162,2	209,1	81,3	154,6	140,1	93,5	79,6	-
Zinco (ppm)	532,1	-	407,5	581,9	214,3	208,6	274,8	225,2	193,5	-
Arsénio (ppm)	3,4	-	5,0	10,1	10,7	4,9	3,5	1,8	2,0	6,2
Selénio (ppm)	1,1	2,1	0,4	0,6	0,5	1,1	0,3	0,5	0,7	2,1
Prata (ppm)	3,2	10,9	2,0	2,1	2,5	2,1	1,8	4,2	2,2	3,8
Cádmio (ppm)	2,6	3,7	2,1	1,8	2,4	1,6	2,5	11,8	5,5	3,4
Estanho (ppm)	13,4	35,2	13,3	10,4	6,8	7,0	4,7	10,3	9,3	66,3
Antimónio (ppm)	5,5	7,2	2,0	2,8	4,3	6,9	2,0	2,6	3,8	6,1
Telúrio (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bário (ppm)	200,8	187,8	226,4	170,1	117,3	141,4	181,1	140,7	120,1	331,4
Mercurio (ppm)	0,2	0,1	-	0,2	-	-	-	-	-	-
Tálio (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chumbo (ppm)	205,0	-	129,2	90,2	101,6	204,7	47,2	117,2	139,3	171,3
Bromo (ppm)	65,9	40,5	11,2	27,2	18,1	22,4	15,6	71,9	36,6	56,6

Legenda: (-) valor nulo ou quase nulo

Salienta-se que duas das amostras foram rejeitadas por conterem demasiados contaminantes, não tendo sido consideradas. As duas amostras da CVO rejeitadas são as que se destacam nas Figuras 5.1 e 5.2.

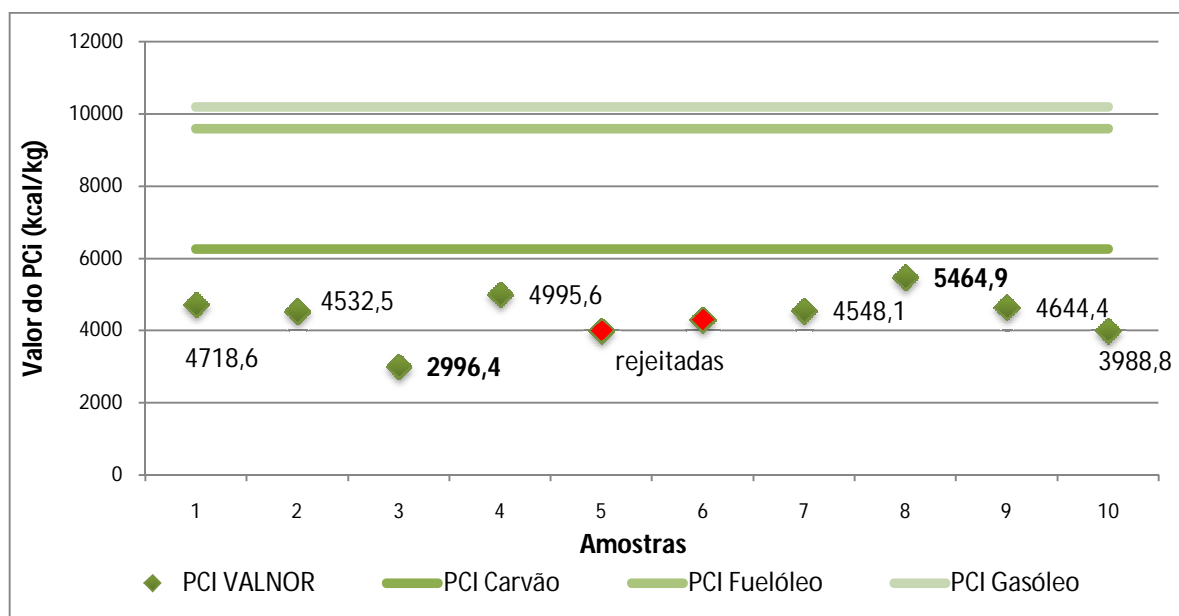


Figura 5.1 - Representação gráfica do PCI das amostras da VALNOR e dos combustíveis fósseis

Dos valores obtidos nas análises realizadas foi possível observar que o PCI mais elevado foi registado na amostra triada na CVO (Amostra n.º 8), sendo o PCI mais baixo obtido na amostra não triada - aterro CVO (Amostra n.º 3), respectivamente, 5.464,9 kcal/kg e 2996,4 kcal/kg.

Dos valores obtidos salienta-se o CDR da Amostra n.º 8, é o que apresenta maior potencial, da ordem do PCI do carvão, PCI = 6250 kcal/kg.

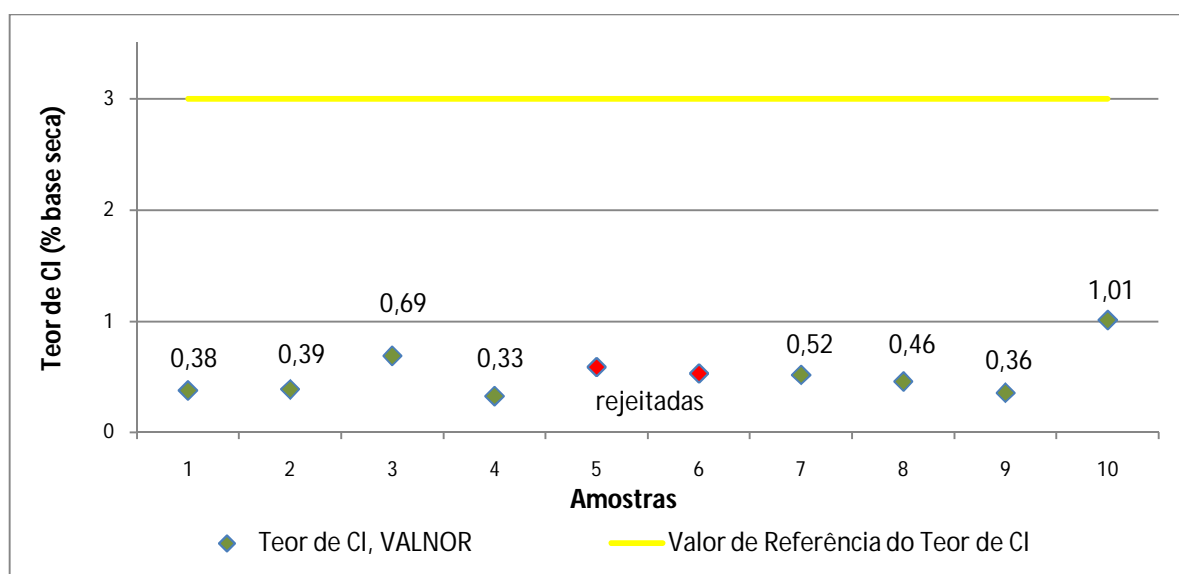


Figura 5.2 - Representação gráfica do teor de Cloro nas amostras da VALNOR

Constata-se que todas as amostras analisadas apresentam valores inferiores a 1%, excepto a amostra da Afinação CVO que chegou a 1,01%, estando muito abaixo do limite exigido.

No que respeita ao teor em Hg (em mg/MJ), não chegou a 0,03mg/MJ, sendo na maioria das análises nulo com uma presença insignificante.

Neste contexto, depois de avaliados e analisados os valores e dados obtidos nos ensaios realizados, pode-se atribuir ao CDR, do total das amostras da VALNOR, uma classificação de PCI 3; CI 2; Hg 1.

5.2 ERSUC – Aterro Sanitário Coimbra

De seguida são apresentados os boletins de ensaios da ERSUC e a análise dos resultados.

Tabela 5.3 - Boletim de ensaios ERSUC
(Fonte: ERSUC, 2010)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA												
Designação	Amostra N.º 1	Amostra N.º 2	Amostra N.º 3	Amostra N.º 4	Amostra N.º 5	Amostra N.º 6	Amostra N.º 7	Amostra N.º 8	Amostra N.º 9	Amostra N.º 10	Amostra N.º 11	Amostra N.º 12
Parâmetros (base seca, excepto *)	01/08/2008	05/08/2018	07/08/2008	10/12/2008	12/12/2008	18/12/2008	19/05/2009	20/05/2009	21/05/2009	30/11/2009	02/12/2009	04/12/2009
(*) H ₂ O (%)	47	46	40	44	38	31	24	24	12	34	48	36
Cinzas (%)	14	10	9	14	11	12	13	13	13	12	16	12
(*) PCI (cal/g)	2450	2740	2940	2292	2888	3201	4040	3957	3942	3105	2341	2866
Carbono (%)	52,3	55,6	53,6	47	50	49	47	46	46	47	43,7	48
Hidrogénio (%)	-	-	-	-	-	-	5,9	6	6,3	6,1	6,1	5,9
Azoto (%)	1	1	1	0,6	<0,6	<6	0,6	<0,5	<0,5	0,8	<0,5	<0,5
Cloro (%)	0,36	0,47	0,43	1	0,6	0,3	0,9	0,3	0,4	0,42	0,38	0,74
Enxofre (%)	<2,2	<0,24	<0,24	0,2	0,1	0,09	0,09	0,06	0,07	0,19	0,09	0,07
Fluor (%)	<0,008	<0,006	<0,009	<0,004	0,005	0,008	<0,005	<0,007	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01

Legenda: (-) valor nulo ou quase nulo

Tabela 5.4 - Boletim de ensaios ERSUC (continuação)
(Fonte: ERSUC, 2010)

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA												
Designação	Amostra N.º 1	Amostra N.º 2	Amostra N.º 3	Amostra N.º 4	Amostra N.º 5	Amostra N.º 6	Amostra N.º 7	Amostra N.º 8	Amostra N.º 9	Amostra N.º 10	Amostra N.º 11	Amostra N.º 12
Parâmetros (base seca, excepto *)	01/08/2008	05/08/2008	07/08/2008	10/12/2008	12/12/2008	18/12/2008	19/05/2009	20/05/2009	21/05/2009	30/11/2009	02/12/2009	04/12/2009
Vanádio (ppm)	5	5	3	2	2	2	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Crómio (ppm)	15	24	11	33	10	15	38	9	11	60	12	13
Níquel (ppm)	<15	16	<15	24	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Cobre (ppm)	30	17	19	391	73	37	41	40	22	41	24	45
Zinco (ppm)	55	71	133	1415	324	220	260	38	180	460	210	160
Arsénio (ppm)	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<7	<7	<7
Cádmio (ppm)	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Antimónio (ppm)	<5	24	43	13	14	<6	17	9	5	26	21	22
Mercurio (ppm)	<0,5	0,5	<0,5	-	-	-	<0,5	<0,5	<0,5	<0,1	<0,1	0,5
(*) Mercúrio (ppm)	<0,3	<0,3	<0,3	<0,5	<0,5	<0,5	<0,4	<0,4	<0,4	<0,04	<0,04	0,3
Chumbo (ppm)	<30	108	<30	26	23	38	43	12	16	21	19	38
Manganês (ppm)	33	38	32	109	62	31	26	32	43	25	43	58

Legenda: (-) valor nulo ou quase nulo

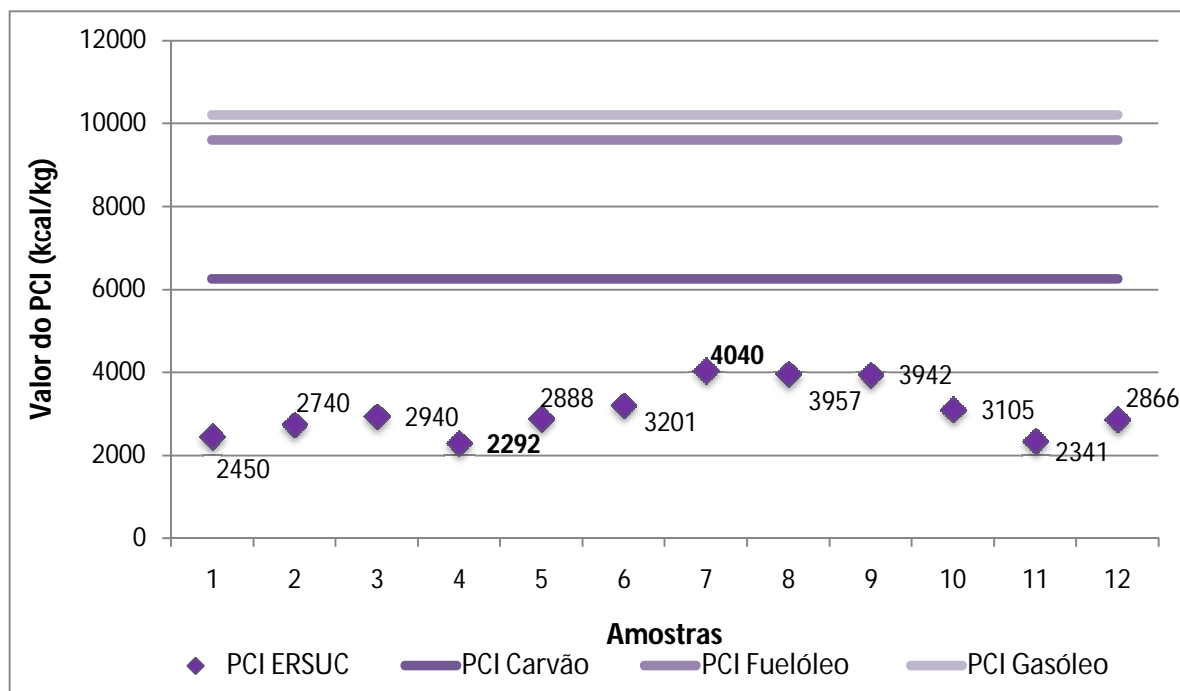


Figura 5.3 - Representação gráfica do PCI das amostras da ERSUC e dos combustíveis fósseis

Dos valores obtidos nas análises realizadas é possível observar que o PCI mais elevado foi registado na Amostra n.º 7 e o PCI mais baixo na Amostra n.º 4, respectivamente, 4040 kcal/kg e 2292 kcal/kg.

Pela média obtida do ano de 2008 e 2009 é possível verificar que no início da recolha das amostras, a ERSUC não apresentava um material com as características necessárias ao seu aproveitamento como recurso energético. A média do PCI das amostras no ano de 2008 foi de 2752 kcal/kg. Em 2009 a composição média obtida aumenta para 3375 kcal/kg, o que indica que a eventual mistura constante das amostras recolhidas para análise se revelaram diferentes. Esta diferença poderá ter como razão de fundo uma alteração das origens dos resíduos de acordo com os circuitos seleccionados.

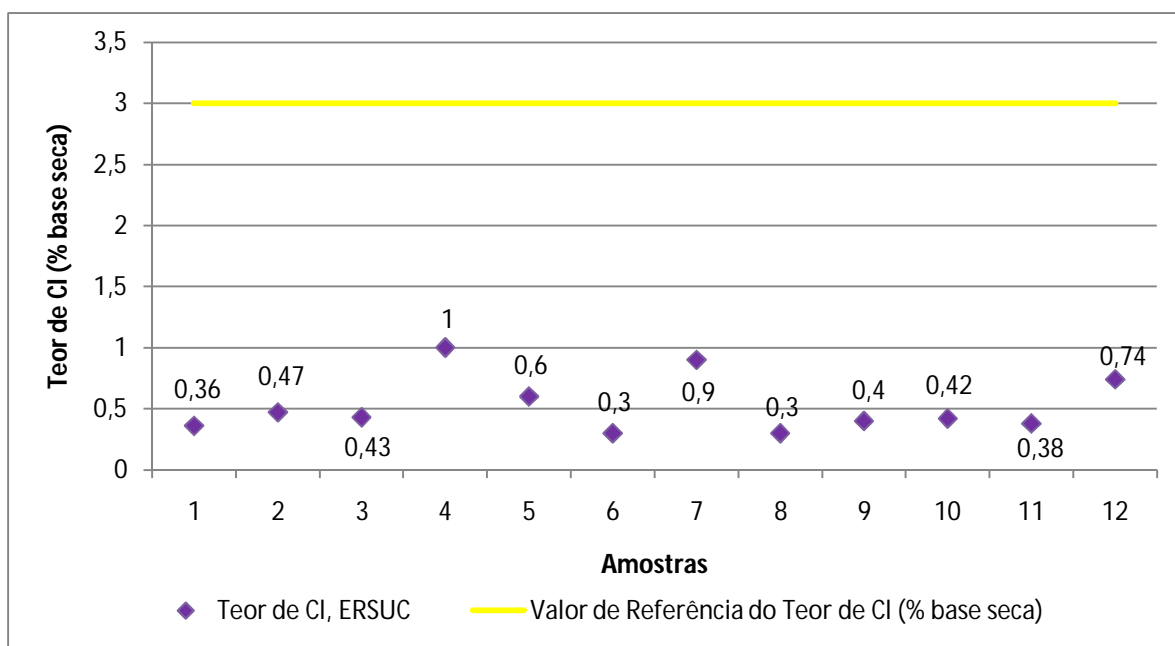


Figura 5.4 - Representação gráfica do teor de Cloro nas amostras da ERSUC

Verifica-se que todas as amostras apresentaram valores iguais ou inferiores a 1%.

O teor em Hg em mg/MJ variou em 0,1 e 0,5mg/MJ, e em algumas das análises foi nulo, ou seja, a sua presença é quase insignificante.

Suportado nos dados analisados, a classificação obtida para o CDR, segundo a NP 4486 de 2008 será:

- o Nas amostras de 2008, a classificação atribuída ao CDR é PCI 3; CI 2; Hg 2.
- o Pelas amostras referentes ao ano de 2009, a classificação atribuída ao CDR é PCI 4; CI 2; Hg 2.
- o Finalmente, o total das amostras da ERSUC apresenta um possível CDR com a classificação PCI 4; CI 2; Hg 2.

5.3 TRATOLIXO

De seguida são apresentados os boletins de ensaios da TRATOLIXO e a análise dos resultados.

Tabela 5.5 - Boletim de ensaios TRATOLIXO
(Fonte: SECIL, 2010 - B)

Designação	Amostra N.º 1	Amostra N.º 2
Parâmetros (Resultados base seca, excepto *)	24/03/2010	24/03/2010
(*) H ₂ O (%)	37,8	39,0
Cinzas (%)	18,9	17,4
Voláteis (%)	72,2	74,7
PCS (cal/g)	3805,3	4369,3
PCI (cal/g)	3544,5	4079,1
Carbono (%)	38,6	44,40
Hidrogénio (%)	5,30	5,90
Azoto (%)	1,16	1,03
Enxofre (%)	0,37	0,36
Sódio (%)	0,56	0,45
Potássio (%)	0,28	0,31
Alumínio (%)	0,45	0,60
Fósforo (%)	0,11	0,14
(*) Cloro (%)	0,54	0,54
Vanádio (ppm)	5,5	6,0
Crómio (ppm)	147,7	140,9
Cobalto (ppm)	4,6	4,9
Níquel (ppm)	49,2	44,3
Cobre (ppm)	204,7	202,4
Zinco (ppm)	203,0	228,1
Arsénio (ppm)	3,4	2,2
Selénio (ppm)	0,6	0,6
Prata (ppm)	1,0	1,8
Cádmio (ppm)	1,7	1,7
Estanho (ppm)	7,0	8,4
Antimónio (ppm)	6,8	3,4
Telúrio (ppm)	-	-
Bário (ppm)	120,0	136,5
Mercúrio (ppm)	-	-
Tálio (ppm)	-	-
Chumbo (ppm)	111,8	96,7
Bromo (ppm)	13,8	17,7

Legenda: (-) valor nulo ou quase nulo

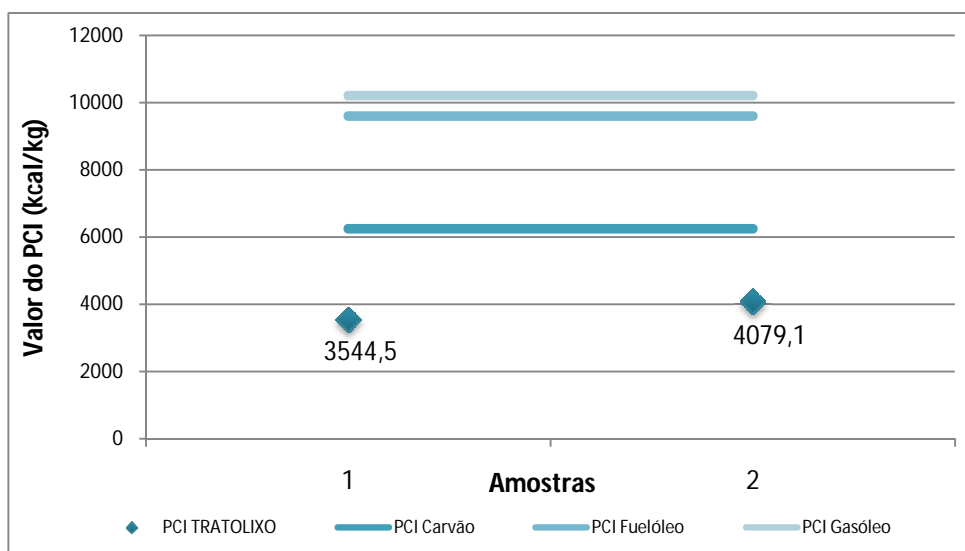


Figura 5.5 - Representação gráfica do PCI das amostras da TRATOLIXO e dos combustíveis fósseis

Em conformidade com as análises obtidas calculou-se a média dos valores do PCI das amostras da TRATOLIXO, obtendo-se um valor de 3811,8 kcal/kg. Os respectivos valores dos PCI de cada amostra estão apresentados na Figura 5.5.

De acordo com a média, a TRATOLIXO tem um possível CDR com possível potencial para substituir o carvão, com um PCI de 6250 kcal/kg.

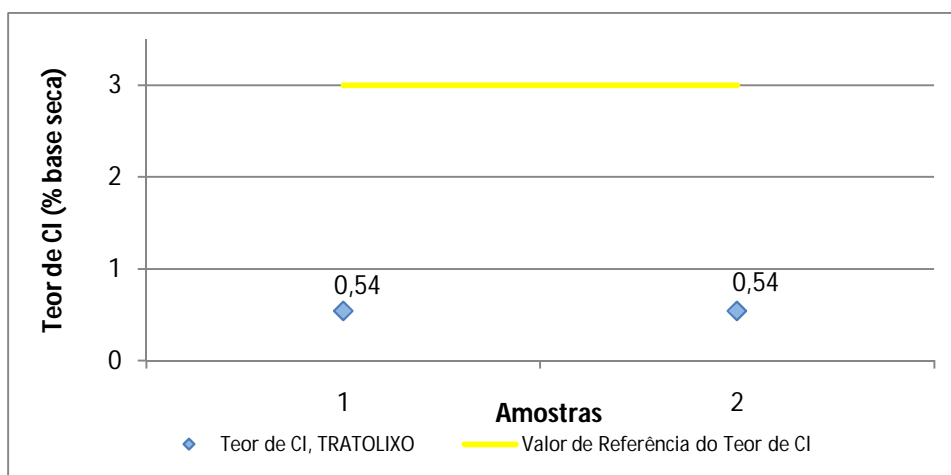


Figura 5.6 - Representação gráfica do teor de Cloro nas amostras da TRATOLIXO

Verifica-se que ambas as amostras apresentaram valores iguais a 0,54%.

O teor em Hg em mg/MJ foi nulo.

Com base nestas amostras, a classificação atribuída ao possível CDR da TRATOLIXO é PCI 3; CI 2; Hg 1.

5.4 AMARSUL

De seguida são apresentados os boletins de ensaios da AMARSUL e a análise dos resultados.

Tabela 5.6 - Boletim de ensaios AMARSUL
(Fonte: SECIL, 2010 - B)

Designação	Amostra N.º 1	Amostra N.º 2
Parâmetros (Resultados base seca, excepto *)	23/03/2010	24/03/2010
(*) H ₂ O (%)	32,1	33,6
Cinzas (%)	23,4	14,2
Voláteis (%)	60,7	50,8
PCS (cal/g)	3967,8	5618,0
PCI (cal/g)	3820,6	5258,8
Carbono (%)	41,9	51,80
Hidrogénio (%)	4,69	7,30
Azoto (%)	1,32	1,00
Enxofre (%)	0,22	0,33
Sódio (%)	0,50	0,42
Potássio (%)	0,41	0,30
Alumínio (%)	0,61	0,44
Fósforo (%)	0,23	0,16
(*) Cloro (%)	0,54	0,47
Vanádio (ppm)	7,9	3,1
Crómio (ppm)	187,2	103,6
Cobalto (ppm)	5,2	5,7
Níquel (ppm)	53,2	37,7
Cobre (%)	0,10	165,1
Zinco (ppm)	-	255,6
Arsénio (ppm)	1,3	5,4
Selénio (ppm)	2,1	0,7
Prata (ppm)	2,8	1,8
Cádmio (ppm)	2,1	1,9
Estanho (ppm)	11,9	7,6
Antimónio (ppm)	2,3	4,1
Telúrio (ppm)	-	-
Bário (ppm)	254,1	143,0
Mercúrio (ppm)	-	-
Tálio (ppm)	-	-
Chumbo (ppm)	347,9	103,8
Bromo (ppm)	21,0	20,8

Legenda: (-) valor nulo ou quase nulo

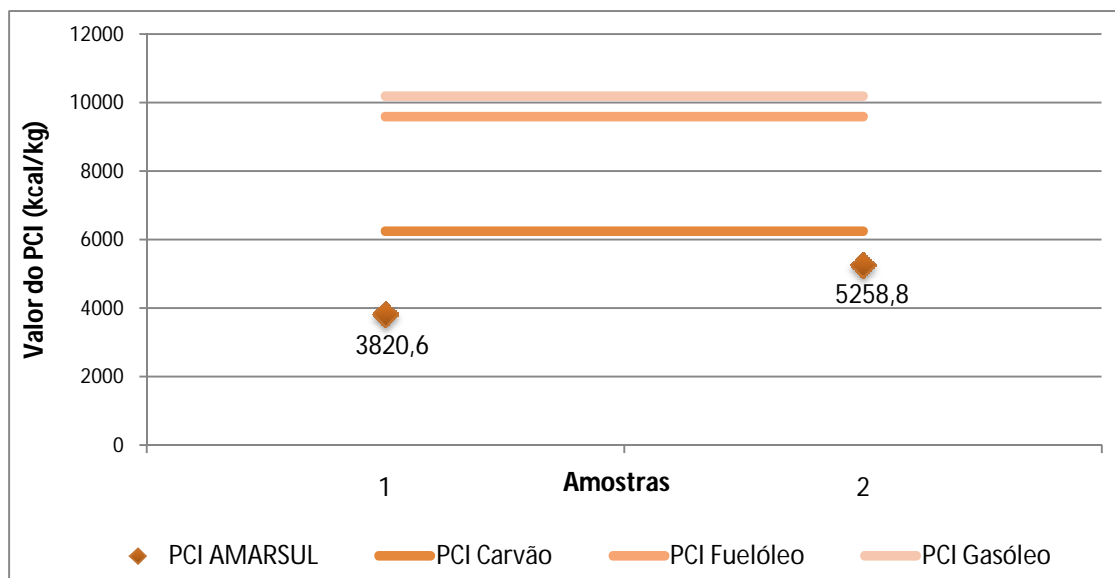


Figura 5.7 - Representação gráfica do PCI das amostras da AMARSUL e dos combustíveis fósseis

Face às análises obtidas, calculou-se a média dos valores do PCI das amostras da AMARSUL, obtendo-se um valor de 4539,7kcal/kg. Os respectivos valores dos PCI de cada amostra estão apresentados na Figura 5.7.

De acordo com a média, a AMARSUL registou um possível CDR com potencial para substituir o carvão, pelo facto de apresentar um PCI de 6250 kcal/kg.

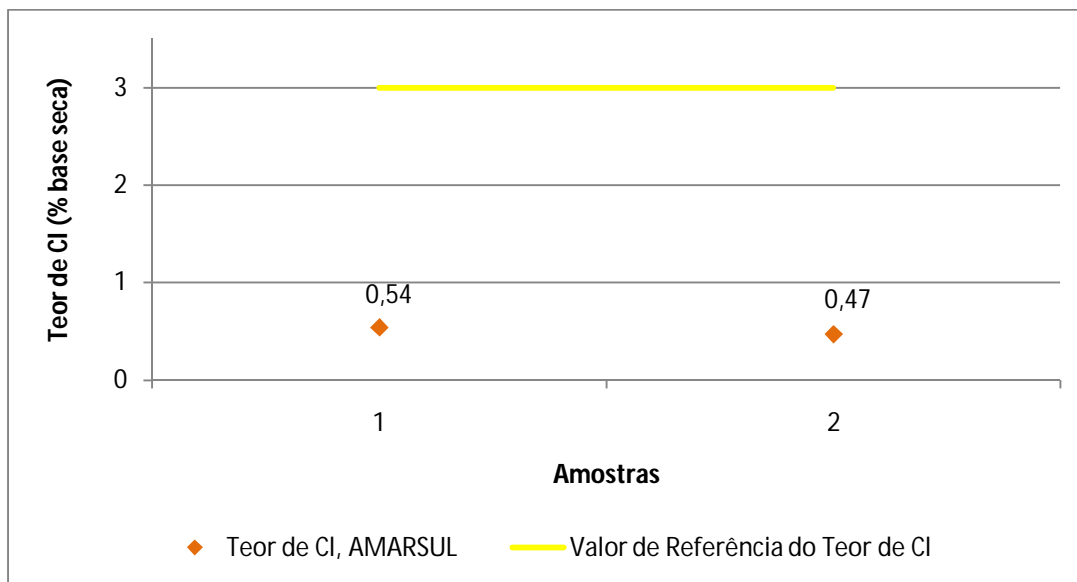


Figura 5.8 - Representação gráfica do teor de Cloro nas amostras da AMARSUL

Pela Figura 5.8, é possível verificar que as amostras registam um valor médio de 0,51% conforme os valores apresentados.

O teor em Hg em mg/MJ foi nulo.

Baseada nas amostras, a classificação atribuída ao possível CDR da AMARSUL é PCI 3; CI 2; Hg 1.

5.5 SECIL - Viabilização da co-incineração

Durante o ano de 2007, o primeiro ano de actividade de co-incineração, foram realizadas quatro campanhas de medição de emissões em cada um dos fornos. Com o reinício da valorização de RIP as campanhas de medição também foram retomadas em 2008. Todas as análises estavam sob as regras estabelecidas na Licença de Exploração 10/2006/INR e de acordo com a norma europeia NE 14181 de 2003. Com o compromisso que a SECIL-Outão tem com a CAA todos os resíduos que utilizasse ou pretendesse utilizar, como os combustíveis alternativos, foram objecto de testes de emissão. A amostragem e caracterização das emissões para a atmosfera foram realizadas por laboratórios acreditados, nomeadamente o laboratório da ERGO e da SONDAR. O que se pretendia era explicitar as medições realizadas no âmbito da utilização dos RIP, e também apresentar dados que sustentassem a visão internacionalmente aceite, mais concretamente nas *Guidelines* Técnicas da Convenção de Estocolmo, que a utilização de combustíveis alternativos em fornos de cimento não tem agravante nas emissões de poluentes (SECIL, 2010 - A).

Relativamente às medições realizadas no âmbito da utilização dos RIP apresentam-se, a seguir, gráficos referentes às emissões de dioxinas e furanos (Figura 5.9), Hg (Figura 5.10), Cd e tálio (Figura 5.11) e Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni e V (Figura 5.12) produzidas na fábrica da SECIL-Outão, tendo-se registado no eixo das abcissas o número de medições efectuadas por ordem sequencial, e ainda o valor limite legal para cada emissão.

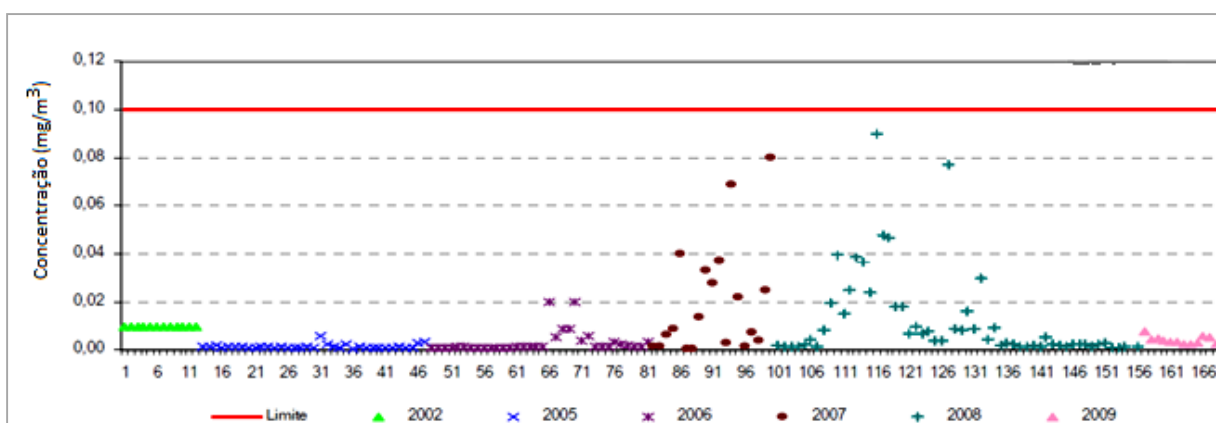


Figura 5.9 - Emissões de Dioxinas e Furanos registadas no período de 2002 a 2009, SECIL-Outão
(Fonte: Abreu, 2010)

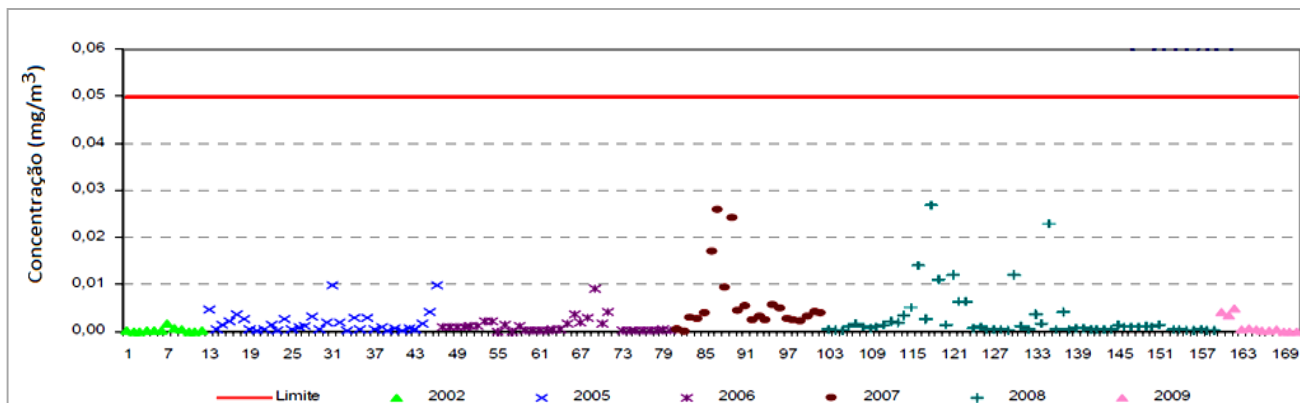


Figura 5.10 - Emissões de Hg registadas no período de 2002 a 2009, SECIL-Outão
(Fonte: Abreu, 2010)

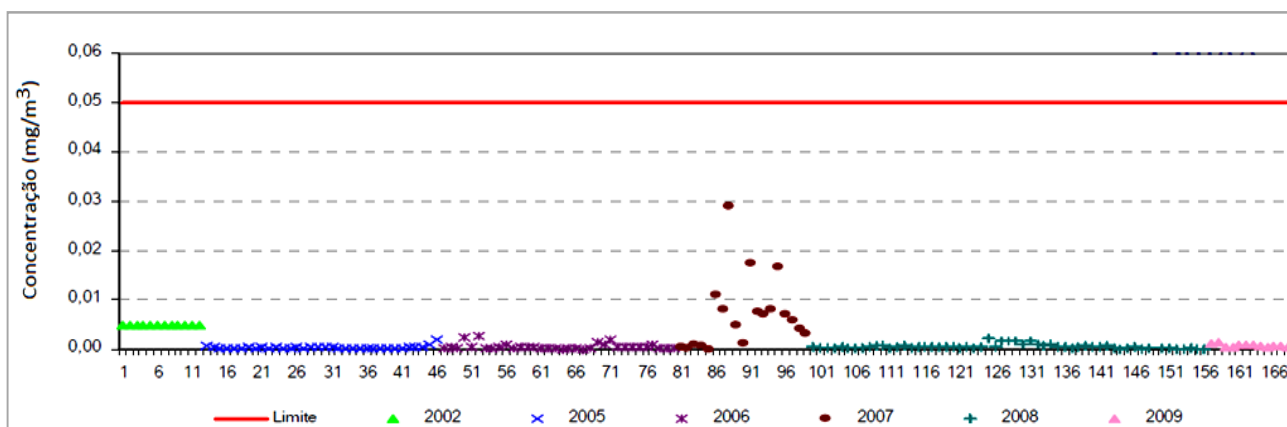


Figura 5.11 - Emissões de Cádmio e Tálho registadas no período de 2002 a 2009, SECIL-Outão
(Fonte: Abreu, 2010)

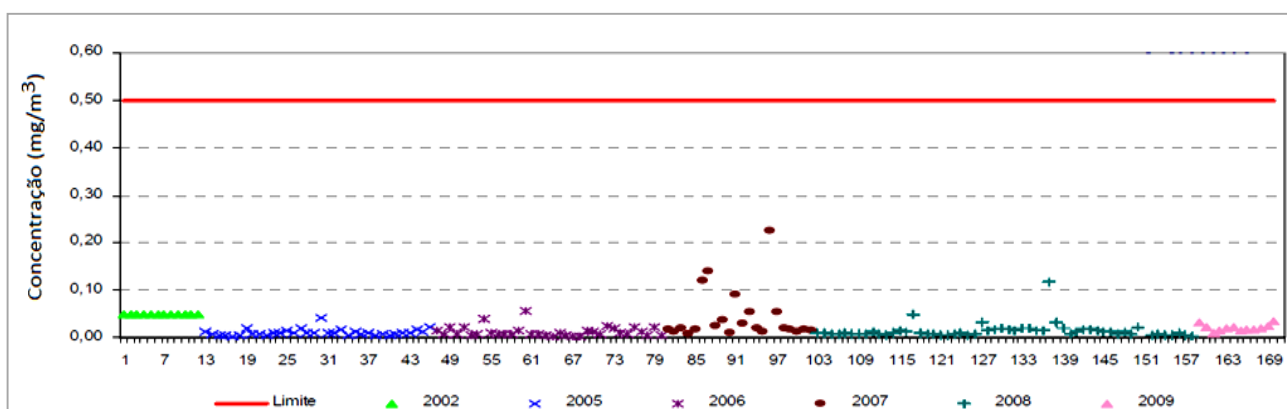


Figura 5.12 - Emissões da soma de Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni e V registadas no período de 2002 a 2009, SECIL-Outão
(Fonte: Abreu, 2010)

Dos resultados representados nas figuras acima referidas e de acordo com a CAA é possível concluir que (SECIL, 2010 – A):

- Todos os resultados são consistentemente muito abaixo dos limites legais (entre 10 e mais de 100 vezes);
- Não existem alterações entre emissões quando se utilizam diferentes combustíveis alternativos, como os RIP;
- Tal como previsível, a utilização de combustíveis alternativos em fornos de cimento não tem agravante nas emissões de poluentes.

Mesmo admitindo que os dois fornos da fábrica do Outão emitissem a quantidade máxima de dioxinas e furanos permitida pela legislação ($0,1 \text{ ng/Nm}^3$), entre 2002 e 2009, o total emitido em sete anos de actividade, seria de 1,87 gramas para cerca de mais de um milhão e meio de toneladas de clínquer por ano. Em termos médios, as emissões seriam, anualmente, de 0,27 gramas. O total de dioxinas emitido em sete anos foi de 0,06 gramas, com uma média anual de 0,008 gramas desde 2000. Ora esses níveis de emissão são considerados inofensivos para a saúde pública.

Assim, face às quantidades de emissões efectivamente verificadas na Europa e em Portugal, estes números mostram-se irrelevantes, tal como foi afirmado nas *Guidelines* da Convenção de Estocolmo, quando referem "*the releases of chemicals listed in Annex C from cement kilns firing hazardous waste are of minor importance*", bem como as *Guidelines* da Convenção da Basileia que dizem "*uma cimenteira com tecnologias apropriadas cumpre a legislação e é um método adequado para destruir poluentes orgânicos persistentes (POP)*", em vez de ser considerada uma fonte de emissão relevante (SECIL, 2010 – A).

Os metais pesados como antimónio (Sb), arsénio (As), Pb, crómio (Cr), Co, cobre (Cu), manganês (Mn), níquel (Ni), estanho (Sn) e vanádio (V) são incorporados quase na totalidade na malha cristalina do clínquer. Foram realizados testes de lixiviação com betão resultante de cimento produzido em regime de co-incineração que, segundo a SECIL, revelaram não haver qualquer problema de emissões. As emissões atmosféricas de metais pesados são inferiores aos limites legais. O Hg, o Cd e o tálio (Tl) são metais pesados que têm que ser evitados pois a capacidade de incorporação no produto clínquer é baixo. Estes metais pesados acabam por ficar retidos 99 % dentro do processo de produção de clínquer, em circuitos internos de volatilização e condensação, não dando garantias de emissões atmosféricas abaixo dos limites legais (Abreu, 2010).

As emissões de dióxido de enxofre (SO_2), tendo em conta um factor teórico de incorporação zero, variam entre zero e 6000 mg/Nm^3 à taxa de incorporação, 98% variam entre zero e 100 mg/Nm^3 . O limite legal é de 400 mg/Nm^3 ao qual é aplicado a regra da mistura resultando limites superiores a 250, de acordo com Abreu, 2010.

A taxa de destruição das dioxinas é muito elevada devido a duas características do processo, o tempo de residência dos gases e a temperatura a que são submetidos. Os compostos orgânicos totais normalmente presentes nas matérias-primas das pedreiras, caso a taxa de destruição do processo fosse teoricamente zero, variaria entre 0 e 300 mg/Nm³. Devido à taxa de 90% de destruição as emissões variam entre zero e 34 mg/Nm³. O limite legal é de 200 mg/Nm³ ao qual é aplicado a regra da mistura resultando limites superiores a 100 (Abreu, 2010).

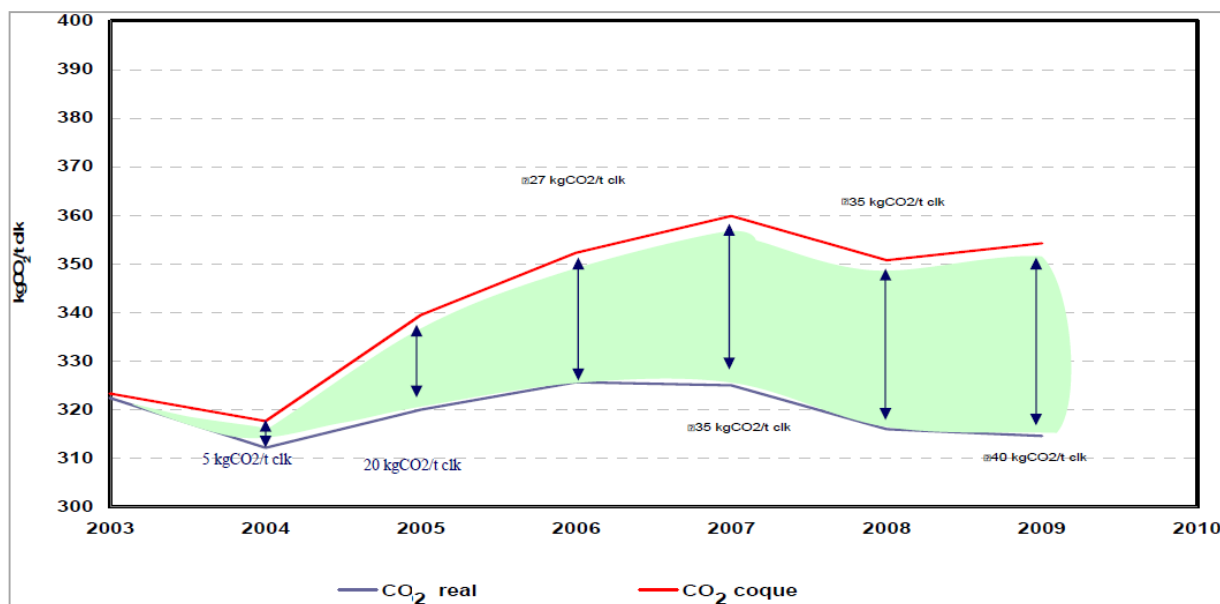


Figura 5.13 - Representação da poupança de emissões de CO₂, SECIL-Outão
(Fonte: Abreu, 2010)

A Figura 5.13 mostra a poupança de CO₂ resultante da utilização dos combustíveis alternativos. A linha inferior representa as emissões reais da SECIL e a linha superior representa as emissões se a SECIL utilizasse só os combustíveis tradicionais. Através deste processo já foi possível evitar a emissão de cerca de 400 mil toneladas de CO₂.

Na tabela seguinte são apresentados os combustíveis alternativos adoptados pela SECIL.

Tabela 5.7 - Quantidades de Combustíveis Alternativos utilizados na SECIL
(Fonte: Abreu, 2010)

Combustíveis Alternativos	2008	2009	Abril de 2010
	Toneladas		
Pneus	34315	43936	14985
CDR	26543	28621	18528
RIP	12655	8481	2013
Biomassa Animal	4657	7168	3877
Biomassa Vegetal	16134	36896	8847
Total Combustíveis Alternativos	94304	125101	48252
Combustível Fóssil Substituído	61380	71856	29821

Composição: Biomassa vegetal – madeira e estilha de madeira (proveniente da limpeza das florestas). Chips de pneu – pneus cortados aos bocados (aqueles que já não podem ser reciclados). CDR – material que não pode ser reciclado (pedaços de tecido, papel e plástico). Biomassa animal - Farinhas animais. Fluff – parte têxtil do pneu. Lamas oleosas – Resíduos derivados do petróleo que por possuírem impurezas (como areia por exemplo) não podem ser utilizados.

Gradualmente, a substituição dos combustíveis fósseis tem sido significativa. Em 2008 a SECIL já utilizava cerca de 30% de combustíveis alternativos (Tabela 5.8). Segundo a SECIL, o CDR é dos combustíveis alternativos com maior potencial.

Tabela 5.8 - Consumo de Combustíveis em 2008 pela SECIL-Outão
(Fonte: Abreu, 2010)

	Toneladas	(%)
Combustíveis Fósseis	162000	70
Combustíveis Alternativos (Valorização Energética)	69000	30
Total	231000	100

Para a SECIL, a valorização de resíduos é um processo vantajoso na medida em que há uma poupança de recursos económicos ao substituir combustíveis fósseis por resíduos. Ao mesmo tempo diminui-se a dependência do país em combustíveis fósseis importados do exterior. Para além de resolver um problema nacional que é o tratamento de resíduos, evitam-se importações de combustíveis fósseis e ocupação de espaço em aterro sanitário. Esta substituição permite a redução do consumo de combustíveis fósseis e de matérias-primas primárias, disponibilizando estes recursos para outras aplicações. A valorização energética de resíduos não produz efluentes líquidos nem resíduos sólidos, isto é, não produz resíduos de resíduos. Para além disto, os resíduos ao serem valorizados não vão ocupar um espaço em aterro (Abreu, 2010).

Dos resultados aos testes efectuados para a Análise de Risco 2007, considerando o pior cenário possível analisado, ainda foi possível concluir dois pontos importantes (SECIL, 2007 – A):

- As emissões não têm impacte nos receptores ecológicos na vizinhança da fábrica. As concentrações estimadas no solo são inferiores a todos os limites e valores comparativos no solo com excepção das concentrações totais de Hg no solo. Contudo, essas concentrações no

solo não se baseiam nas emissões reais da SECIL mas em taxas de emissão legalmente aceites.

As emissões reais de Hg da SECIL são muito inferiores a esses valores.

- Todos os índices de perigo são inferiores ao valor estipulado, significando que os perigos cancerígenos estimados são inferiores aos níveis de preocupação.

O estudo apresentado pela SECIL foi realizado a partir dos RIP. Se estes não apresentaram consequências e impactes negativos, então a utilização dos CDR na co-incineração é viável, uma vez que os CDR não apresentam constituintes perigosos.

A estratégia nacional no domínio dos RU tem evoluído substancialmente ao longo dos anos. O enfoque na valorização orgânica, por necessidade de desvio de resíduos biodegradáveis de aterro, inicialmente pensada para processamento destes resíduos recolhidos selectivamente, veio depois a apoiar-se nas unidades de TM para obtenção daquela fracção a partir de resíduos indiferenciados, originando em paralelo uma dinâmica de obtenção em grandes quantidades de CDR, cuja finalidade é a valorização energética e também a recuperação de materiais recicláveis.

Esta nova realidade conduz à necessidade de redimensionar a capacidade de valorização energética instalada no país, e da procura de soluções técnicas simultaneamente eficientes na conversão energética, com escala mínima, e geograficamente próximas dos sistemas de gestão de RU, reduzindo assim os custos financeiros e ambientais associados ao transporte (ERSUC, 2009).

Depois da abordagem feita à SECIL, faz sentido saber qual o ponto da situação da UE e, nomeadamente, saber quais as metas para 2020 das emissões de GEE.

De acordo com a Agência Europeia do Ambiente (EEA, 2010, *European Environmental Agency*), a UE-27 teve uma redução de 10,7% nas emissões de GEE em 2008 e tem como meta para 2020 uma redução de 14%. Segundo a Análise Preliminar da CELE, em 2009, as emissões caíram 11% após queda de 6% em 2008. Esta evolução da emissão dos GEE na EU-27 e as metas para 2020 estão representadas na Figura 5.14.

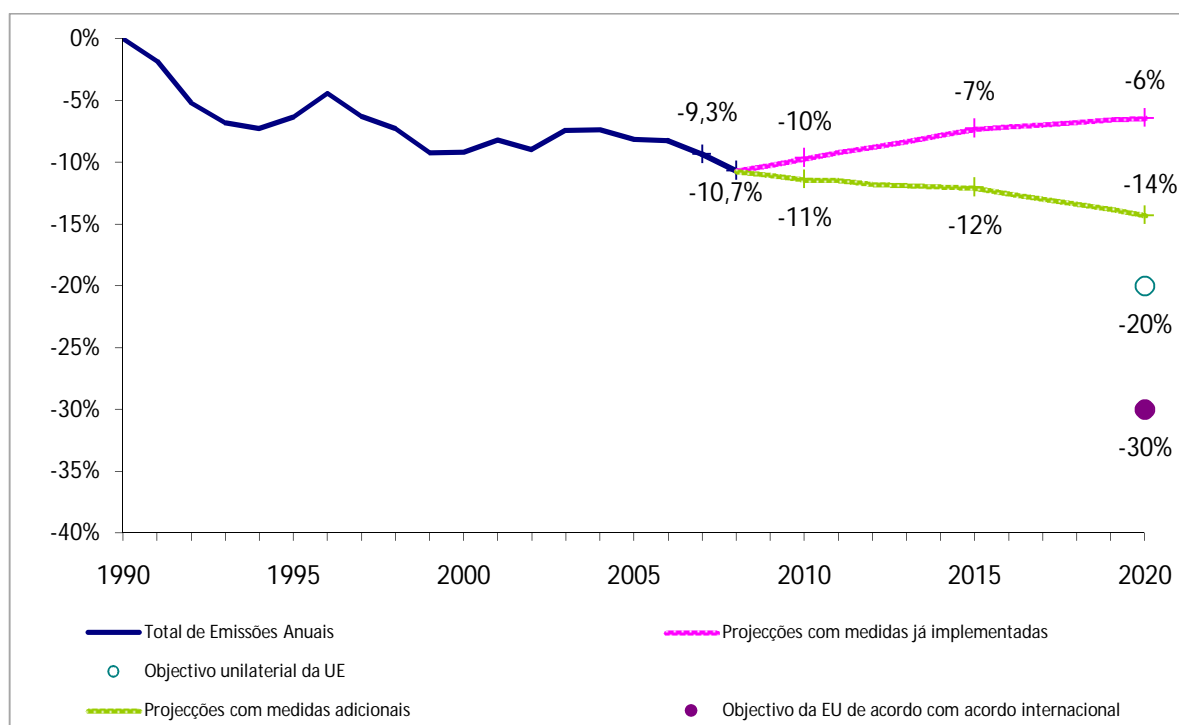


Figura 5.14 - Representação gráfica da emissão de GEE e previsões para 2020 para a UE-27
(Fonte: EEA, 2011)

O balanço líquido das emissões de GEE é apresentado na Tabela 5.9. Já a Tabela 5.10 representa a matriz de impactes (in)directos, na forma de emissões específicas, associados a uma gestão e tratamento de resíduos e a utilização de resíduos valorizados nas actividades económicas.

A análise do balanço resultante das emissões evitadas e o seu impacto nas actividades económicas deverá ser interpretado com reserva devido a uma série de condicionantes indirectas e não enquadradas nesta análise.

Tabela 5.9 - Balanço líquido de emissões de GEE na gestão e tratamento de RU
(Fonte: E.Value, 2006)

1000 t CO ₂ eq.	2000	2005	2010	2015	2020
Emissões directas – Deposição no solo	2823	2529	1939	1742	1556
Emissões directas – Incineração	392	443	521	490	457
Emissões indirectas – Consumo energia	39	48	51	55	60
Emissões evitadas – Energia Incineração	-191	-199	-218	-218	-218
Emissões evitadas – Energia Biogás: Aterro	-0,1	-1,0	-8,4	-13	-18
Emissões evitadas – Energia Biogás: Val. Org.	-0,5	-9,2	-76	-120	-162
Emissões evitadas – Val. Org Subst. Fertilizantes	-5,8	-12	-28	-28	-35
Emissões Evitadas - Reciclagem	-269	-376	-468	-511	-488
Balanço Líquido	2792	2422	1712	1396	1152

Tabela 5.10 - Emissões específicas de GEE na gestão e tratamento de RU
(Fonte: E.Value, 2006)

t CO ₂ eq./t	2000	2005	2010	2015	2020
Emissões directas – Deposição no solo	1,016	1,047	1,165	1,160	1,231
Emissões directas – Incineração	0,422	0,422	0,422	0,422	0,422
Emissões indirectas – Consumo energia	0,009	0,010	0,010	0,011	0,013
Emissões evitadas – Energia Incineração	-0,206	-0,190	-0,176	-0,187	-0,201
Emissões evitadas – Energia Biogás: Aterro	0,000	0,000	-0,008	-0,015	-0,029
Emissões evitadas – Energia Biogás: Val. Orgânica	-0,002	-0,015	-0,051	-0,078	-0,100
Emissões evitadas – Val. Org Subst. Fertilizantes	-0,018	-0,019	-0,019	-0,018	-0,022
Emissões Evitadas - Reciclagem	-0,520	-0,403	-0,406	-0,410	-0,410

Na Figura 5.15 está representado o balanço de Emissões de GEE, especificamente, desde 2000 projectado até 2020, as emissões evitadas de acordo com o respectivo sistema de gestão de resíduos.

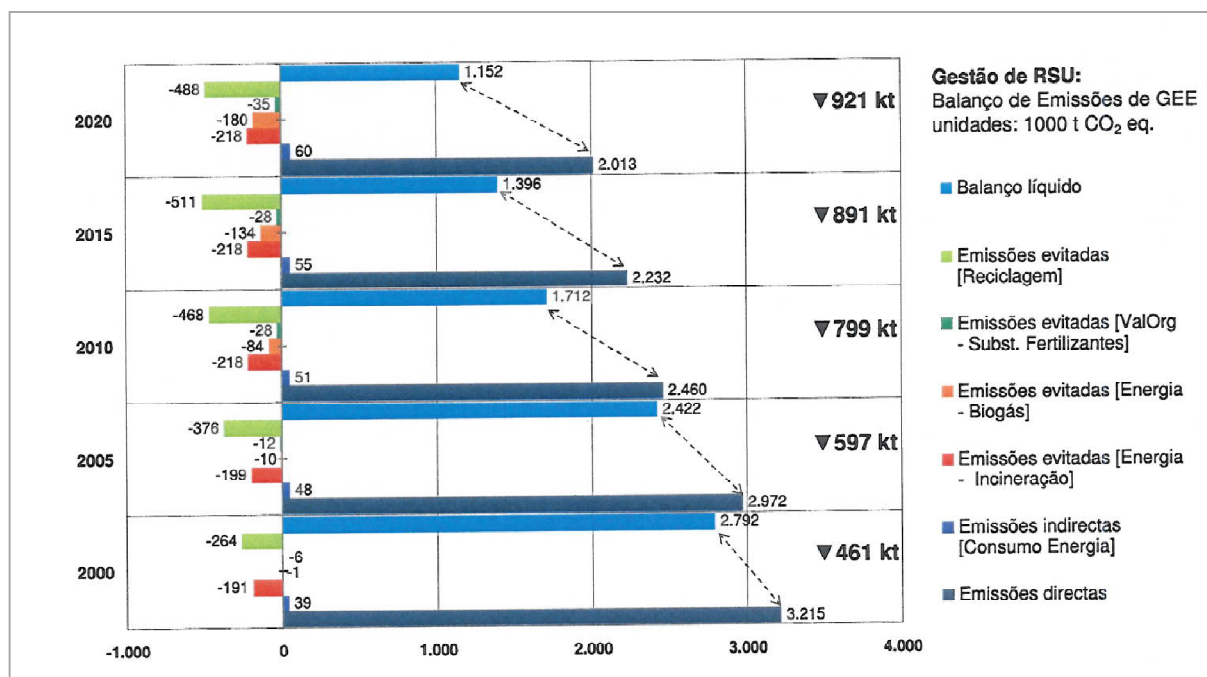


Figura 5.15 - Balanço líquido de emissões de GEE na gestão e tratamento de RU
(Fonte: E.Value, 2006)

Em termos de balanço líquido, identifica-se (E. Value, 2006):

- A reciclagem como a componente com maior potencial de redução indirecta de emissões (2010: 468 kt CO₂ eq / 0,41 t/t_{reciclada});
- A produção de energia por via da incineração contribui para uma redução indirecta de 218kt CO₂ eq (0,176 t/t_{incinerada});
- A valorização de biogás (produção de energia) apresenta um contributo indirecto de redução de 0,051 t/t_{valorizada} (valorização orgânica) e 0,008 t/t_{depositada} (aterros);
- No seu conjunto, o aproveitamento energético do biogás representa uma redução indirecta de 84 kt CO₂ eq. A substituição de fertilizantes apresenta um potencial de redução em 2010 de 28 kt CO₂ eq (0,02t/t_{valorizada});
- Na globalidade, o potencial de redução indirecta estimado varia entre 460 kt CO₂ eq em 2000 até 800 kt CO₂ eq em 2010. Em 2020, estima-se que o contributo indirecto do sector na redução de emissões de GEE ultrapasse 900 kt CO₂ eq.

6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

6.1 Caracterização do CDR – Resultados obtidos

Na Tabela que abaixo se apresenta, estão organizados os resultados obtidos sobre as amostras que foram objecto de ensaios laboratoriais e anteriormente descritas.

Tabela 6.1 - Classificação do CDR e resultados obtidos

Amostra	Classificação NP 4486 de 2008	PCI (kcal/kg)	Teor de Cl (%)	Teor de Hg (ppm)
VALNOR	PCI 3; Cl 2; Hg 2	Entre 2996,4 e 5464,9	≤ 1	Quase nulo
ERSUC	PCI 4; Cl 2; Hg 2	Entre 2292 e 4040		
TRATOLIXO	PCI 3; Cl 2; Hg 1	Entre 3544,5 e 4079,1		
AMARSUL	PCI 3; Cl 2; Hg 1	Entre 3820,6 e 5258,8		

Pela observação que se faz dos resultados obtidos e da respectiva classificação que se encontrou para o CDR analisado, pode-se constatar que:

- Todas as amostras apresentam valores aceitáveis de acordo com o Decreto-Lei n.º 85/2005 de 28 de Abril;
- O PCI do CDR expectável a nível Nacional, considerando que as amostras e análises que se efectuaram poderão ser um embrião representativo, sendo a zona centro – ERSUC, Alentejo – VALNOR, zona do Vale do Tejo – TRATOLIXO e AMARSUL, poderá situar-se nos valores encontrados, entre 2996 kcal/kg e 5464,9 kcal/kg, revelando um potencial significativo na medida em que se aproxima do PCI do carvão, ou seja, poderá ser um recurso alternativo podendo substituí-lo em parte;
- A qualidade do CDR é definida pelas suas características físico-químicas e biológicas. De um modo genérico é possível produzir diversos tipos de CDR, de reduzida ou elevada qualidade, desde que sejam devidamente especificadas as suas propriedades, em função da tipologia de resíduos de entrada e das operações unitárias utilizadas no processo;
- Como os principais sectores com potencial para a utilização destes combustíveis alternativos têm vindo a definir especificações para utilização do CDR nas suas instalações, o cumprimento das mesmas especificações garante a sua disponibilidade para a utilização deste recurso;
- Havendo alguma liberdade quanto às condições de admissão, podendo cada operador, em função das diferentes tipologias de CDR disponíveis, optar por quantidades, formas e pontos de consumo que melhor se adequem à sua actividade, em termos de processo, de

cumprimento de requisitos ambientais e de protecção de equipamentos (MAOTDREI, 2009) existe a possibilidade de:

- . As unidades de TMB ou TM assegurarem a produção de um CDR com determinadas características, bem como,
- . A instalação de preparação de CDR que, recebendo resíduos de diferentes origens (tais como refugos de TMB ou TM e RINP - resíduos industriais não perigosos, por exemplo), assegurem a produção de CDR de elevada qualidade.

Salienta-se, ainda, que para uma valorização energética, quer por incineração quer por co-incineração, é importante que o CDR apresente características homogéneas, em termos de propriedades físicas, químicas e energéticas de modo a não criar perturbação na temperatura dos fornos de empresas industriais, as cimenteiras ou, nas câmaras de combustão de incineração dedicada (MAOTDREI, 2009).

6.2 Caracterização das emissões – Vantagens obtidas

Neste capítulo são calculadas as emissões de CO₂eq. evitadas em função da gestão de RU promovida pela VALNOR S.A. no período de 2009 a 2030.

♦ Valorização orgânica por Compostagem

A valorização orgânica na central de compostagem da VALNOR processa anualmente cerca de 40000 toneladas de RUB separados dos resíduos sólidos urbanos recolhidos de forma indiferenciada. Nesta conformidade, aquele montante que passa a ser valorizado por compostagem, deixa de ser depositado em confinamento técnico em aterro sanitário.

Deste modo evita-se a sua decomposição biológica e físico-química em aterro bem como a consequente produção de efluente residual gasoso, o biogás, constituído fundamentalmente por dióxido de carbono e metano. O confinamento técnico de resíduos urbanos em aterro sanitário promove, em função da biodegradação dos resíduos em condições anaeróbias, a produção de biogás, constituído maioritariamente, e em média, por 45 % e dióxido de carbono, 50% de metano e cerca de 5% de gases residuais.

Para se avaliar as emissões evitadas que seriam geradas pela deposição dos 40000 t/ano de RUB em aterro, a estimativa de produção de biogás associada ao confinamento técnico daquele quantitativo no período de 2009 a 2020 em aterro sanitário é realizada com recurso ao programa de cálculo LandGEM, *Landfill gas generation model*, desenvolvido pela USEPA, *United States Environmental Protection Agency*, utilizando como factores do modelo os valores descritos em seguida:

$$L_0 = 96,7 \text{ m}^3 \text{ metano / t RU}$$

$$K = 0,04 \text{ ano}^{-1}$$

O valor do coeficiente L_0 foi calculado tendo por base a caracterização física dos resíduos geridos pela VALNOR, S.A. com base na metodologia proposta no relatório *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, elaborado pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2010). Os valores calculados pelo modelo são apresentados na tabela seguinte, onde se considerou por facilidade de cálculo que o biogás seria constituído por 50 % de dióxido de carbono e 50% de metano.

Os valores e somatórios que se apresentam em seguida tomam sempre em consideração os valores anuais intermédios calculados apesar de se apresentarem apenas os valores de cinco em cinco anos, por uma questão de formato da tabela.

Tabela 6.2 - Determinação das emissões prevenidas de biogás por constituinte (50% CH₄ + 50% CO₂)
(Fonte: Adaptado de USEPA, 2005)

Ano	Emissão CH ₄ (m ³ /ano)	Emissão CO ₂ (m ³ /ano)
2009	0	0
2010	151970	151970
2015	826975	826975
2020	1379623	1379623
2025	1832092	1832092
2030	2202543	2202543

Para ambos os constituintes do biogás, os somatórios dos valores apresentados na Tabela 6.2, totalizam:

- CH₄ = 27420921 m³;
- CO₂ = 27420921 m³;

Considerando que 1 mol de gás em condições PTN¹ ocupa o volume de 22,4 dm³, para cada constituinte do biogás tem-se:

$$\circ \text{ CH}_4 = \frac{27420921}{22,4} = 1224148273 \text{ mol}$$

$$\circ \text{ CO}_2 = \frac{27420921}{22,4} = 1224148273 \text{ mol}$$

¹ Pressão e temperatura normais (1 atm ; 20 °C)

Os pesos molares dos constituintes do biogás são apresentados em seguida:

- $M(\text{CH}_4) = 16 \text{ g/mol}$
- $M(\text{CO}_2) = 44 \text{ g/mol}$

Pelo que, no período de 2009 a 2030, não foram emitidos os quantitativos:

- $\text{CH}_4 = \frac{1224148273 \times 16}{1000000} = 19586 \text{ t}$
- $\text{CO}_2 = \frac{1224148273 \times 44}{1000000} = 53863 \text{ t}$

Considerando que o metano possui um potencial de aquecimento global 21 vezes superior ao dióxido de carbono as toneladas de CO_2eq não emitidas são calculadas em seguida:

$$\text{CO}_2\text{eq.} = 19586 \times 21 + 53863 = 465176 \text{ t}$$

◆ Substituição de adubos químicos por Composto

A aplicação de fertilizantes sintéticos azotados no sector agrícola é uma fonte significativa de emissões GEE, concretamente, devido às emissões de N_2O por volatilização. Neste contexto, a aplicação de composto, produzido através da compostagem e/ou digestão seguida de compostagem das fracções orgânicas dos RU, assume importância no impacto indirecto de emissões de GEE².

O composto produzido em 2009 pela VALNOR S.A. totalizou 2221 toneladas, estimando-se os quantitativos identificados na tabela seguinte

Tabela 6.3 - Produção composto no período de 2010 a 2030
(Fonte: Geraldo, 2011)

Ano	Produção composto (t)
2010	4686
2011	4817
2012 - 2030	4962

O azoto total em percentagem de matéria seca do composto produzido na VALNOR S.A. é 2,1%, pelo que, o conteúdo total em azoto do composto produzido para o período em análise é apresentado na tabela seguinte.

² In Impacto das Opções e Oportunidades de Gestão de Resíduos na Mitigação de Gases com Efeito de Estufa, E.Value, Maio 2006

Tabela 6.4 - Determinação da fracção de azoto no composto de 2009 a 2030

Ano	Produção composto (t)
2009	$2221 \times 0,021 = 47$
2010	$4686 \times 0,021 = 98$
2011	$4817 \times 0,021 = 101$
2012 - 2030	$4962 \times 0,021 = 104$

Em conformidade com o relatório *Impacto das Opções e Oportunidades de Gestão de Resíduos na Mitigação de Gases com Efeito de Estufa* elaborado pela E.Value em 2006, os factores de emissão associados à aplicação de composto ao solo são os apresentados em seguida:

- $N_2O = 0,0185 \text{ t} / \text{t } N_{\text{substituída}}$
- $CO_2 = 5,740 \text{ t} / \text{t } N_{\text{substituída}}$

Neste enquadramento, determina-se em seguida as emissões evitadas.

Tabela 6.5 - Determinação das emissões prevenidas pela substituição de adubos químicos azotados por composto, no período de 2009 a 2030
(Fonte: E.Value, 2006)

Ano	Fracção de azoto no composto (t)	N_2O (t evitadas)	CO_2 (t evitadas)
2009	47	0,9	270
2010	98	1,8	563
2011	101	1,9	580
2012 - 2030	104	1,9	597

Nota: Relativamente ao intervalo 2012-2030 os valores apresentados correspondem às emissões prevenidas em cada ano do intervalo

Considerando que o óxido nitroso (N_2O) possui um potencial de aquecimento global 296 vezes superior ao dióxido de carbono as toneladas de CO_2eq não emitidas são calculadas em seguida.

Tabela 6.6 - Determinação das emissões prevenidas pela substituição de adubos químicos azotados por composto, em CO_2eq , o período de 2009 a 2030
(Fonte: E.Value, 2006)

Ano	N_2O (t evitadas)	CO_2 (t evitadas)	CO_2eq (t evitadas)
2009	0,9	270	527
2010	1,8	563	1099
2015	1,9	597	1166
2020	1,9	597	1166
2025	1,9	597	1166
2030	1,9	597	1166

O somatório das emissões de CO_2eq prevenidas no período de 2009 a 2030 totaliza 24922 toneladas.

◆ Determinação do contributo da substituição dos combustíveis fósseis pelo CDR

Tendo em consideração o relatório *Impacto das Opções e Oportunidades de Gestão de Resíduos na Mitigação de Gases com Efeito de Estufa* elaborado pela E.Value em 2006, tornou-se possível avaliar a capacidade de valorização do CDR no sector dos cimentos. Com efeito naquele relatório é apresentado o valor existente de valorização de CDR no sector de cimentos, ou seja, a incorporação de 600000 Mt de CDR que possibilita produzir 2,35 Mt de clínquer.

Nesta conformidade torna-se possível determinar que a incorporação de 30000 toneladas de CDR provenientes da VALNOR possibilitará produzir 117500 toneladas de clínquer. Assim, a substituição de coque de petróleo pelo CDR implicará uma redução de emissões de toneladas de CO₂.

Apresenta-se na Tabela 6.7 a estimativa de redução de emissões por via da valorização energética do CDR na produção de cimento, de acordo com os dados da VALNOR S.A..

Tabela 6.7 - Potencial de redução de emissões por via da valorização energética de CDR
(Fonte: adaptado de E.Value, 2006)

Produção de clínquer ¹	117500 t
Emissões de CO ₂	
Rácio do Coque de Petróleo	(0,32 t/t clínquer)
Rácio CDR	(0,06 t/t clínquer)
Coque de Petróleo	117500 x (0,32 t/t clínquer) = 37600 t CO ₂
CDR	117500 x (0,06 t/t clínquer) = 7050 t CO ₂
Balanço	(-) 30550 t CO ₂ (0,36 t/t clínquer)
Desvio de Aterro	(-) 2700 t CO ₂ (0,32 t/t clínquer)

¹ Assumindo necessidades de energia de 3,18 GJ/t clínquer

No que diz respeito às emissões de CO₂ evitadas apresenta-se a seguinte tabela.

Tabela 6.8 - Emissões de CO₂ evitadas com a valorização do CDR, no período de 2009 a 2030

Processo	Emissões não emitidas no período de 2009 a 2030
Valorização orgânica por compostagem	465176 t CO ₂ eq.
	19586 t CH ₄
	53863 t CO ₂
Contributo da substituição de adubos químicos por composto	24922 t CO ₂ eq.
Substituição do coque de petróleo	30550 t CO ₂
Desvio de aterro	27000 t CO ₂

7. CONCLUSÕES

7.1 Fim do estatuto de “Resíduo” ?

O enquadramento legal para produção e utilização de CDR é definido pelo Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, que estabeleceu o regime geral da gestão de resíduos que transpôs a Directiva Resíduos, e pelo Decreto-Lei n.º 85/2005 de 28 de Abril, que estabeleceu o regime legal da incineração e co-incineração de resíduos, por transposição da Directiva n.º 2000/76/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro (“Directiva Incineração”).

O Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, previa que as operações de gestão de resíduos, que incluíam a produção e a utilização de CDR, seriam realizadas de acordo com as normas técnicas relativas à eliminação ou redução do perigo para a saúde humana e para o ambiente causado pelos resíduos.

Num contexto de consolidação de mercado, perspectiva-se a disponibilização de CDR de diferentes características, ainda que produzidos de acordo com a NP 4486 de 2008, em função da origem dos resíduos e do respectivo processamento tendo em vista o destino de valorização subsequente.

Deste modo, prevê-se numa fase posterior, a possibilidade de as próprias unidades de TMB ou TM assegurarem a produção de um CDR com determinadas características, bem como a instalação de plataformas de preparação de CDR que, recebendo resíduos de diferentes origens, tais como refugos de TMB ou TM e RINP - resíduos industriais não perigosos, por exemplo, assegurem a produção de CDR de elevada qualidade.

Neste enquadramento, a Avaliação do Potencial de Produção e Utilização de CDR em Portugal Continental, do Instituto dos Resíduos, realizada em 2006, considerava os seguintes critérios de oportunidade do potencial consumo de CDR em Portugal (Dias *et al*, 2006):

- A utilização como combustível de substituição, tendo por base um circuito de matéria-prima renovável, robusto e não dependente do exterior e, portanto, podendo contribuir para a auto-suficiência energética nacional;
- O desvio até 80% do RU a encaminhar para aterro após cumprimento de todas as metas em termos de valorização material e de fracção orgânica, permitindo um aumento considerável do tempo de via útil dos aterros quer se tratem de infra-estruturas existentes ou novas;
- Uma maior eficácia do rácio custo/benefício quando a produção de resíduos incorpora não só parte da fracção resto do RU, mas também fracções de resíduos industriais não perigosos que geram produtos de maior poder calorífico e com maior grau de homogeneidade.

Estas oportunidades, estabelecidas em 2006, estão hoje mais fundamentadas e comprovadas.

Também, através da Taxa de Gestão de Resíduos (TGR), do regime geral da gestão de resíduos, que incide, com montante diferenciado, sobre diferentes tipologias e opções de gestão de resíduos, na perspectiva de interiorização, por produtores e consumidores, dos custos ambientais que lhes estão associados, é possível contribuir no sentido da redução da produção de resíduos e do seu tratamento mais eficiente. Mais concretamente, se a deposição em aterro ultrapassar os 20%, esse excedente ter um custo associado (MAOTDREI, 2009).

Por outro lado, conforme anteriormente referido, para além dos refugos de TMB, TM e triagem, subsiste ainda, com valor significativo, uma "fracção resto" que actualmente é encaminhada directamente para aterro. Este quantitativo poderá, em função da evolução do mercado e da avaliação económico-financeira, constituir uma base para a produção de CDR com incremento da fracção biogénica incorporada. Esta opção envolve igualmente um maior contributo da fracção renovável nos CDR e de desvio de RUB de aterro.

No entanto, o recurso a esta opção deverá, na medida do possível, assegurar o cumprimento da hierarquia de gestão de resíduos, designadamente garantindo a maximização do quantitativo encaminhado para reciclagem e não comprometendo a viabilidade dos processos de reciclagem orgânica já implementados. Neste contexto, e em articulação com a estratégia para o composto, em elaboração, poderá justificar-se o incremento da fracção orgânica no CDR para situações em que a correspondente recolha selectiva não seja sustentável, devendo assegurar-se o escoamento do CDR obtido (MAOTDREI, 2009).

Deste modo a perspectiva será assegurar o cumprimento da hierarquia de gestão de resíduos, garantindo a maximização do quantitativo encaminhado para reciclagem, não comprometendo a viabilidade dos processos de reciclagem orgânica em curso.

Pode-se afirmar que a política de resíduos foi se alargando, começando por ser uma política apenas focada nos processos, passando para uma política voltada para os processos/produtos e por fim orientando-se para os sistemas.

Em última análise, transformou-se numa política essencial para o sistema económico, na medida em que contribui activamente para uma gestão sustentável dos recursos naturais. Neste contexto, a visão de que os resíduos são apenas substâncias e objectos que têm de ser eliminados ("lixo") de modo a reduzir a poluição associada, encontra-se ultrapassada. Um exemplo paradigmático desta evolução é o que combina fluxos de resíduos, métodos de recolha, tratamento e eliminação, com o objectivo de alcançar benefícios ambientais, optimização económica e aceitação social (Coleman *et al.*, 2003), o conceito de Gestão Integrada dos Resíduos.

Com a nova Directiva-Quadro, Directiva n.º 2008/98/CE de 19 de Novembro, abrem-se outras perspectivas com o enquadramento da desclassificação da categoria de resíduo para certos materiais, desde que estes cumpram certos critérios específicos. Trata-se de um passo importante para agilizar a reincorporação desses materiais no circuito económico, aumentando a eficiência da utilização dos recursos naturais. No Artigo 6º da Directiva Quadro dos Resíduos já está descrito o fim do estatuto de resíduos, segundo determinadas condições:

1. Determinados resíduos específicos deixam de ser resíduos (...) caso tenham sido submetidos a uma operação de valorização, incluindo a reciclagem, e satisfaçam critérios específicos a estabelecer nos termos das seguintes condições:
 - a. A substância ou objecto ser habitualmente utilizado para fins específicos;
 - b. Existir um mercado ou uma procura para essa substância ou objecto;
 - c. A substância ou objecto satisfazer os requisitos técnicos para os fins específicos e respeitar a legislação e as normas aplicáveis aos produtos; e
 - d. A utilização da substância ou objecto não acarretar impactos globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou da saúde humana. Se necessário, os critérios incluem valores-limite para os poluentes e têm em conta eventuais efeitos ambientais adversos da substância ou objecto.
2. (...) Deverão ser considerados critérios específicos para o estabelecimento do fim do estatuto de resíduo, nomeadamente, pelo menos para agregados, papel, vidro, metal, pneus e têxteis.
3. Os resíduos que deixarem de ser resíduos nos termos dos n.º 1 e 2 deixam também de ser resíduos para efeitos dos objectivos de valorização e de reciclagem fixados nas Directivas 94/62/CE, 2000/53/CE, 2002/96/CE e 2006/66/CE e demais legislação comunitária aplicável, quando forem cumpridos os requisitos em matéria de reciclagem e de valorização impostos por essa legislação.
4. Caso não tenham sido definidos critérios a nível comunitário nos termos dos n.º 1 e 2, os Estados-Membros podem decidir caso a caso se determinado resíduo deixou de ser um resíduo tendo em conta a jurisprudência aplicável. Os Estados-Membros notificam dessas decisões a Comissão nos termos da Directiva 98/34/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Junho de 1998, relativa a um procedimento de informação no domínio das normas e regulamentações técnicas e das regras relativas aos serviços da sociedade da informação, nos casos em que essa directiva assim o exija.

Assim a médio/longo prazo, a Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos deverá ser reforçada com base na perspectiva de conclusão, ao nível da UE, do processo de desclassificação do CDR como resíduo. Todavia, com a perda de estatuto de resíduo, a incineração do CDR deixará de ter de cumprir as regras e emissões definidas para a incineração de resíduos, que são muito mais

restritivas que as regras gerais de emissões gasosas, com a consequente implicação ambiental. Neste contexto a CEWEP (*Confederation of European Waste-to-Energy Plants*) perante esta situação, opõe-se ferozmente, uma vez que receia que desta forma ocorra concorrência desleal entre instalações que incinerem resíduos, com limites de emissão extremamente restritivos, e instalações que incinerem CDR, muitas vezes com idêntico potencial poluente, e que sendo produto seriam abrangidas por outra legislação de emissões.

Com a conclusão deste processo de fim de estatuto de resíduo, uma quantidade significativa de CDR que possua determinadas características poderá passar a ser valorizado como um combustível, alargando e consolidando o mercado de consumo de CDR e reforçando o sucesso da Estratégia para os CDR.

Relativamente à valorização energética do CDR, a solução por co-incineração em cimenteiras, neste estudo de caso da SECIL-Outão, apresenta-se como uma solução sem riscos ambientais e com benefícios económicos associados.

Com a análise apresentada e os resultados obtidos sobre as amostras objecto de ensaios laboratoriais, pode-se concluir que o CDR obtido nos tratamentos mecânicos e/ou biológicos a partir de RU e que “hoje” é considerado um resíduo, pode ser com efeito um recurso ou produto potencial “amanhã” com vantagens na substituição de fontes de energia primária de natureza fóssil.

7.2 Viabilidade Técnico-económica do CDR

Na VALNOR são produzidas 30000 toneladas anuais de CDR resultantes do refugo e da afinação,, referidos anteriormente na Figura 3.16, que hoje são depositadas em aterro sanitário por não haver alternativa.

Com a conclusão que se retirou sobre a viabilidade de valorização deste CDR por co-incineração perante os resultados obtidos nas análises laboratoriais das amostras recolhidas na linha de processo, apresentando valores de PCI, CI e Hg viáveis, os ganhos ambientais e benefícios económicos são significativos, nomeadamente:

Benefícios Ambientais

- i Utilização e aumento da procura de fontes de energia primária alternativa não fóssil;
- ii Diminuição das emissões de CO₂;
- iii Diminuição das emissões de GEE (metano evitado);
- iv Diminuição da utilização de espaço em aterro;
- v Contribuição para o cumprimento de metas nacionais.

Na Figura 7.1 está representado o balanço líquido das emissões de CO₂ por valorização de CDR na produção de cimento, tendo por base a Tabela 6.7, anteriormente apresentada.

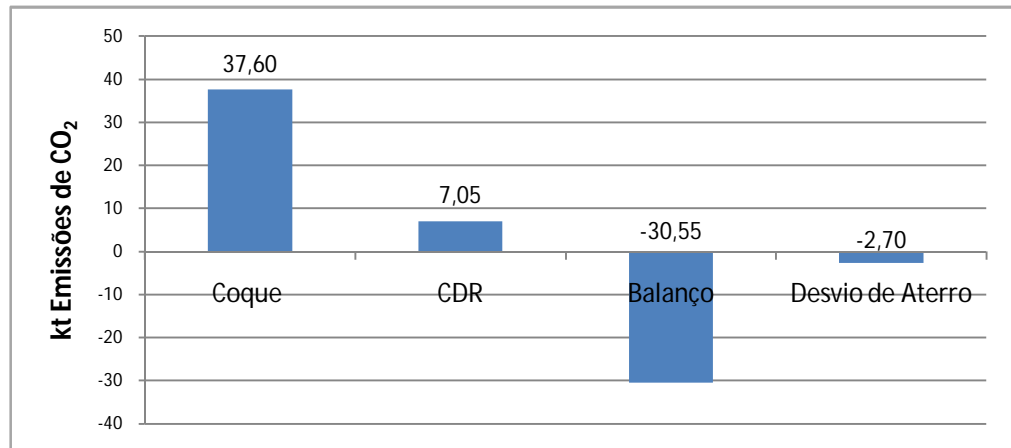


Figura 7.1 - Balanço líquido de Emissões de CO₂ por valorização de CDR

Vantagens económicas

- vi Diminuição de volume ocupado em aterro;
- vii Diminuição dos custos de operação em aterro;
- viii Diminuição de custos associados à taxa de gestão de resíduos;
- ix Diminuição percentual dos custos com combustível fóssil pela utilização do CDR;
- x Ganhos através dos créditos de carbono associados.

Neste contexto, o CDR da VALNOR ao passar a ter como solução de valorização a co-incineração na SECIL, em Outão, assume com efeito uma mais valia quer no quadro ambiental quer económico, identificando-se como um recurso ou “produto” e não um “resíduo” conforme se pode verificar na cadeia de valor que este material pode gerar e que se resume na Figura 7.2.

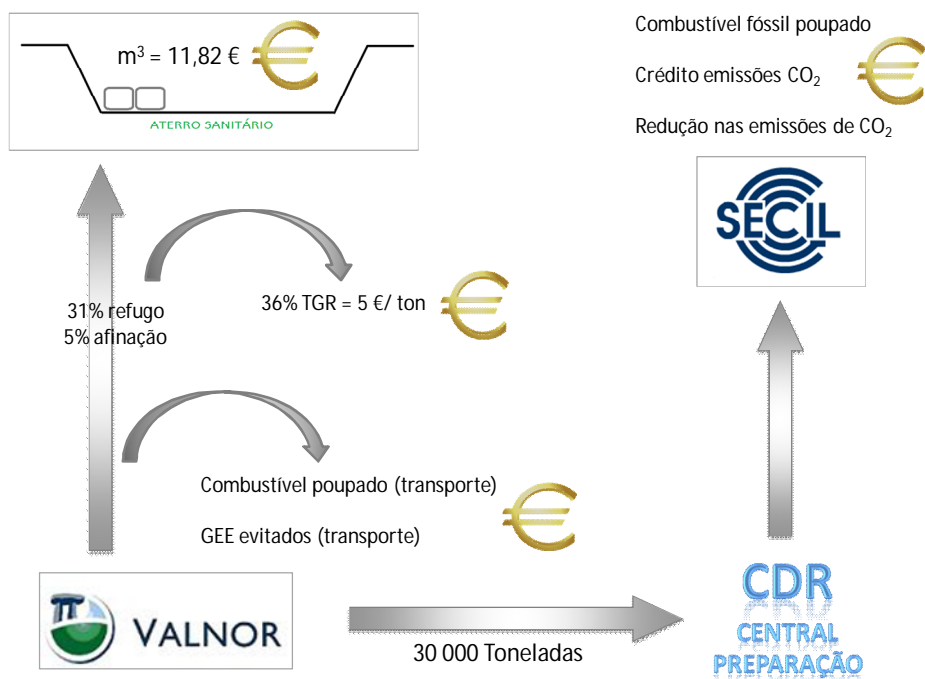


Figura 7.2 - Representação esquemática do balanço com a valorização de CDR

- i Diminuição de espaço/volume ocupado em aterro;
- ii Diminuição dos custos de operação em aterro;
- iii Diminuição de custos associados à taxa de gestão de resíduos;

Em relação ao custo evitado quer em termos de operação quer em termos de espaço/volume não ocupado, pode-se avaliar de forma expedita se se efectuar o produto do custo de exploração por tonelada, valor médio referenciado pela VALNOR, dentro do valor de mercado actual, pelas quantidades desviadas de confinamento técnico. Fazendo-se este cálculo, o custo evitado com o desvio do CDR do Aterro Sanitário é o que se apresenta na Tabela 7.2.

Tabela 7.1 - Mais-valia pelo desvio de Aterro do CDR, em 2011
(Fonte: adaptado de Geraldo, 2008)

Quantidade desviada de RU de Aterro	30.000 t
Tarifa incremental - deposição em aterro	11,82 Euros/t
Total	354 600 Euros

No que respeita aos custos associados ao pagamento da taxa de gestão de resíduos (TGR), este custo será nulo se os refugos da central a depositar em aterro não excederem 20%. Se a valorização do CDR for realizada, o valor de refugos a depositar em aterro diminui. Assim evitam-se os custos acrescidos que resultariam do produto da TGR pelo excedente dos 20 % de refugos, valor considerado pela APA como o limite máximo que deve ser garantido como refugos no processamento de uma central de valorização orgânica.

ix Diminuição percentual dos custos com combustível fóssil pela utilização do CDR;

x Ganhos através dos créditos de carbono associados.

Em termos dos custos com combustível fóssil pela utilização do CDR, considerou-se em primeiro lugar que o PCI médio obtido no CDR da VALNOR situa-se entre respectivamente, 2996,4 kcal/kg e 5464,9 kcal/kg (ver Figura 5.1). Assim, e para avaliação do seu potencial energético, adoptou-se o valor mais conservador, ou seja cerca de 3000 kcal/kg, ou seja 12,5 MJ/kg, pela conversão de 4,18 J por caloria.

Considerando agora o valor de PCI de 12,5 MJ/kg para o CDR produzido na VALNOR, a energia gerada para 30000 toneladas deste material, considerando o valor, por conversão das unidades, de 3468 kWh/t passível de ser gerada, corresponde a 104040 MWh /ano.

Nesta conformidade a energia passível de ser gerada equivale a 8907,53 Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP) que correspondem a 11680 kWh, ou a 1247,06 Barris Equivalentes de Petróleo (BEP) que correspondem a 0,14 TEP, sendo estes os benefícios obtidos.

7.3 Síntese conclusiva

Do exposto, a VALNOR pode considerar-se como um caminho embrionário a seguir no âmbito de se poder prosseguir numa gestão sustentável com a valorização de resíduos. De facto o caminho que a VALNOR tem vindo a desenvolver permite identificar soluções embrionárias que podem servir de orientação a outros Sistemas com idênticas condições.

Apesar de a dissertação representar uma pequena parte do universo da informação e considerar apenas as variáveis mais significativas, foi possível contribuir com argumentos para a fundamentação dos objectivos pretendidos. Por se tratar ainda de uma matéria em dinamização e com contornos de valorização pouco divulgados, o acesso a mais informação pormenorizada não foi possível.

Em confronto com a vasta informação teórica existente, mas limitada no que diz respeito a dados reais obtidos, houve necessidade de redimensionar a metodologia a adoptar por a mesma se revelar excessivamente ambiciosa para as condições disponíveis.

Todavia, considera-se que dentro destas limitações os objectivos da presente dissertação foram conseguidos pois foi possível contribuir para a identificação do CDR como um potencial recurso, apesar de ainda possuir o estatuto de resíduo. No entanto, em face das suas vantagens e viabilidade técnico-económica e ambientais associadas, conforme os resultados apresentados na dissertação, para o CDR obter o estatuto de “produto”, terão de ser definidas as especificações técnicas restritas e as exigências associadas para que permitam validar, de forma evidente, que as características daquele material, ou as que resultem após uma correcta preparação prévia, possam transformar o resíduo em produto, tal como sugere a CEWEP.

7.4 Trabalhos subsequentes

Considera-se interessante dar continuidade ao tema abordado e acompanhar os desenvolvimentos destes projectos de gestão de resíduos, no que diz respeito ao CDR, uma vez que se trata de um assunto vasto que implica ainda um número muito elevado de estudos, por exemplo, acompanhar os trabalhos da Central de Preparação de CDR quando esta entrar em funcionamento, aperfeiçoar o fluxo da CVO de maneira a diminuir a percentagem de refugos e aumentar a taxa de aproveitamento e avaliar a forma de gestão de resíduos com base na viabilidade deste novo “produto”.

Outro estudo que poderá ser importante dar continuidade passa pela possibilidade de se avaliar as mais valias em termos das emissões evitadas pelo CDR no âmbito da co-incineração, bem como os benefícios económicos reais obtidos pela utilização deste combustível sólido alternativo, o CDR, relativamente ao combustível fóssil e quais os rácios a considerar no futuro.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, C., 2009, *Valorização Energética de Resíduos no Grupo SECIL*, Janeiro de 2009.
- Abreu, C., 2010, *Valorização de Resíduos no Grupo SECIL*, Maio de 2010.
- AMARSUL, 2011, AMARSUL – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos S.A. Acedido em Janeiro de 2011. Disponível em: <http://www.amarsul.pt/index.php>
- AMB GROUP COMPANY. Acedido em Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.amb-group.de/virthos/virthos.php?en/ANLAGENBAU/Aufbereitungsanlagen>
- APA, 1999, REA - Relatório do Estado do Ambiente 1999, Agência Portuguesa do Ambiente, Outubro de 2000.
- APA, 2009, REA - Relatório do Estado do Ambiente 2009, Agência Portuguesa do Ambiente, Outubro de 2010.
- APA, 2010 – A, Agência Portuguesa do Ambiente. *Caracterização da situação dos Resíduos Urbanos em Portugal Continental 2009*, Agosto de 2010.
- APA, 2010 – B, Agência Portuguesa do Ambiente, Políticas de Ambiente - Resíduos. Acedido em Novembro de 2010. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/POLITICASAMBIENTE/RESIDUOS/Paginas/default.aspx>
- APA, 2010 – C, *Relatório de Acompanhamento 2008 - PERSU II: Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016*, Agência Portuguesa do Ambiente e Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, Janeiro de 2010.
- APA, 2011, Agência Portuguesa do Ambiente, Instrumentos - Comércio Europeu de Licenças de Emissão. Acedido em Janeiro de 2011. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/Instrumentos/CELE/Paginas/default.aspx>
- ASTM, 2003, Método D 5231–92. *Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*, American Society for Testing and Materials International. Reaprovado em 2003.
- Belgiorno, V., De Feo, G., Della Rocca, C., Napoli, R. M. A., 2003, *Energy from gasification of solid wastes – Waste Management*, Volume 23, pp. 1-15
- Carvalho, E., 2005, *Metodologias para a quantificação e caracterização física dos resíduos sólidos urbanos*, Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa.
- Carvalho, I., 2011, Visita à VALNOR Avis a 17 Janeiro de 2011.

- CEN, 2010, *Comité Européen de Normalisation*. Acedido em Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.cen.eu/cen/Pages/default.aspx>
- CEN/ TS 15359, *Comité Européen de Normalisation, Technical Specification, Solid recovered fuels - Specifications and classes*, 2006.
- CEWEP, 2010, *Confederation of European Waste-to-Energy Plants "Statement Portuguese note on RDF and its classification as waste"*, Dezembro de 2010.
- Coleman, T., Masoni, P., Dryer, A. e F. McDougall, 2003, *International Expert Group on Life Cycle Assessment for Integrated Waste Management, The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8 (3), 175 - 178.
- Decreto-Lei n.º 11/2001 de 23 de Janeiro, Diário da República n.º 19, Série I, Parte A, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 85/2005 de 28 de Abril, Diário da República n.º 82, Série I, Parte A, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 152/2002 de 23 de Maio, Diário da República n.º 119, Série I, Parte A, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, Diário da República n.º 171, Série I, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 199/2007 de 18 de Maio, Diário da República n.º 96, Série I, Parte A, Ministério da Economia e da Inovação, Lisboa.
- Decreto-Lei n.º 239/97 de 9 de Setembro, Diário da República n.º 208, Série I, Parte A, Ministério do Ambiente, Lisboa.
- Dias, S. M., Silva, R. B., Barreiro, F., Costa, M., Julho de 2006, *Avaliação do Potencial de Produção e Utilização de CDR em Portugal Continental*, Instituto Superior Técnico, Centro de Engenharia Biológica e Química.
- Directiva 2001/77/CE revogada pelo Decreto-Lei n.º 141/2010 de 31 de Dezembro, Diário da República n.º 253, Série I, Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, Lisboa.
- Directiva 2003/87/CE transposta pelo Decreto-Lei n.º 30/2010 de 8 de Abril, Diário da República n.º 68, Série I, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa.
- Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos e que revoga certas directivas.
- E.Value, 2006, *Impacto das opções e oportunidades de gestão de resíduos na mitigação de GEE em Portugal*, E.Value – Projectos e Estudos em Ambiente e Economia, Lda., Maio de 2006.

- EEA, 2011, *European Environmental Agency, Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2009*. Acedido em Fevereiro de 2011. Disponível em: http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2009_9
- EGF S.A., 2010, Empresa Geral do Fomento, S.A. *Campanhas de caracterização física dos Resíduos Urbanos*, 2010.
- EGF S.A., 2011, Empresa Geral do Fomento, S.A., Direcção de Engenharia, 2011.
- ERSUC, 2009, ERSUC - Resíduos Sólidos do Centro S.A., *Estudo de Viabilidade Técnica e Económica de uma Unidade de Valorização Energética de CDR - Relatório Final*, 2009.
- ERSUC, 2010, ERSUC - Resíduos Sólidos do Centro S.A., *Boletins de ensaios químicos realizados a possíveis CDR*, 2010.
- ERSUC, 2011, ERSUC - Resíduos Sólidos do Centro S.A., Informação e Dados referentes à produção de RSU em 2009. Acedido em Janeiro de 2011. Disponível em: <http://www.ersuc.pt/web/>
- EUROSTAT, 2010, *European Commission*. Acedido em Dezembro de 2010. Disponível em: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home>
- Gamito, I., 2008, *Quantificação da Fracção de Carbono Neutro nos Resíduos com Potencial para Valorização Energética*, Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil de Sanitária, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Geraldo, S., 2008, Técnica do Departamento de Gestão da Unidade de Compostagem, fotografias da Central de Valorização Orgânica, VALNOR, 2008.
- Geraldo, S., 2011, Técnica do Departamento de Gestão da Unidade de Compostagem, informação disponibilizada por comunicação oral, VALNOR, 2011.
- *Incineracao.online.pt - Conteúdos sobre Incineração, Reciclagem, Poluição, Combustíveis e Ambiente*. Acedido em Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.incineracao.online.pt/incineracao>
- IPCC, 2010, *Intergovernmental Panel on Climate Change, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, 2010.
- Levy, J. Q., Cabeças, A. J., 2006, *Resíduos Sólidos Urbanos, Princípios e Processos*, AEPSA – Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente.
- MAOTDR 2006, PERSU II - *Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016*, Consulta pública, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional Setembro de 2006.

- MAOTDR, 1997, PERSU I - *Plano Estratégico Sectorial de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos*, Consulta pública, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Julho de 1997.
- MAOTDR, 2008, Balanço do Progresso do PNAC, 1º Semestre 2008, Comissão para as Alterações Climáticas - Comité Executivo, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, 2008.
- MAOTDREI, 2009, *Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos*, aprovada pelo Despacho n.º 21295/2009 de 26 de Agosto, Diário da República n.º 184, Série II, de 22 de Setembro, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e da Economia e da Inovação, Lisboa.
- ME & MCOTA, 2004, CELE - Comércio Europeu de Licenças de Emissão, Directiva 2003/87/CE do Parlamento e do Conselho, de 13 de Outubro de 2003, Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão de CO₂, (PNALE) 2005-2007, Ministério da Economia e Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Maio de 2004.
- Murphy, A., Wejdling, H., 2007, *Technical, economic and environmental analysis of energy production from municipal solid waste – Renewable Energy*, Volume 29, pp. 1043-1057.
- Nações Unidas, 1992, QNUAC, 1992. Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas - *United Nations framework Convention on Climate Change*, Nações Unidas, 1992.
- Nações Unidas, 1998, Protocolo de Quioto - *Kyoto Protocol to the United Nations framework Convention on Climate Change*, Nações Unidas, 1998.
- NE 14181, 2003, Norma Europeia, *Fontes fixas de Emissões Atmosféricas – Garantia de Qualidade dos Sistemas Automáticos de medição*, 2003.
- NP 4486, *Norma Portuguesa para Combustíveis derivados de Resíduos, Enquadramento para a produção, classificação e gestão da qualidade*, 2008.
- NYSERDA, 2006, *New York State Energy Research and Development Authority “Coal Resource Assessment - Energy Analysis Program”*, 2006.
- Paradela, F. M. R., 2007, *Estudo da pirólise de misturas de resíduos plásticos e de biomassa*, Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em Bioenergia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- PORDATA, 2010, Base de Dados Portugal Contemporâneo – Resíduos. Acedido em Outubro de 2010. Disponível em: <http://www.pordata.pt/>
- Portal Ambiente Online, 2011, Directório de Empresas. Acedido em Janeiro de 2011. Disponível em: <http://www.ambienteonline.pt/directorio/empresas.php?empresa=232>

- Portaria n.º 187/2007 de 12 de Fevereiro, Diário da República n.º 30, Série I, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional, Lisboa.
- Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março, Diário da República n.º 53, Série I, Parte B, Ministérios da Economia, da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, da Saúde e das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente, Lisboa.
- RICTEC, 2010 - *Recycling, Waste Reduction & Waste Management*. Acedido em Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.rictec.com.sg/briquetting/>
- Santana, P., 2009, *Estratégia para os Combustíveis Derivados de Resíduos*, Departamento de Operações de Gestão de Resíduos Divisão de Resíduos Urbanos, Agência Portuguesa do Ambiente.
- SECIL, 2007 – A, *Análise de risco para a saúde humana e para o biota das emissões atmosféricas da SECIL, Outão* - SECIL, Agosto de 2007.
- SECIL, 2007 – B, *Semana de Portas Abertas*, SECIL, Julho de 2007.
- SECIL, 2010 – A, CAA - Comissão de Acompanhamento Ambiental da fábrica da SECIL - Outão.
- SECIL, 2010 – B, *Boletins de ensaios – Ensaios Químicos, origem VALNOR, TRATOLIXO e AMARSUL*.
- SECIL, 2011, Produção de cimento. Acedido em Dezembro de 2010. Disponível em: <http://www.secil.pt/default.asp>
- Simplício, B., 2009, *Gestão de Resíduos Urbanos*, Departamento de Operações de Gestão de Resíduos Divisão de Resíduos Urbanos, Agência Portuguesa do Ambiente.
- TRATOLIXO, 2011. TRATOLIXO AMTRES - Associação de Municípios de Cascais, Mafra, Oeiras e Sintra para o Tratamento de Resíduos Sólidos. Acedido em Fevereiro de 2011. Disponível em: <http://www.tratolixo.pt/Paginas/Default.aspx>
- UNEP, 2005, *United Nations Environment Programme, "Solid Waste Management", Volume I, 2005*.
- USEPA, 2005, LandGEM v3.02, *Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.02 User's Guide*, USEPA - *United States Environmental Protection Agency*, Maio de 2005.
- VALNOR, 2008 – A, Concurso público internacional *"Contrato para a Concepção, Construção da ampliação da unidade de compostagem na VALNOR, Parte II, Volume 1"*, Maio de 2008, VALNOR Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.
- VALNOR, 2008 – B, Concurso público internacional *"Contrato para a Concepção, Construção e Fornecimento de uma Central de Valorização Orgânica – Unidade de Compostagem na VALNOR", Parte II, Volume 3*, 2008, VALNOR Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A..

- VALNOR, 2010 – A, Concurso público internacional *“Concepção, Construção e Fornecimento de uma Central de Preparação de CDR na VALNOR – Caderno de Encargos”*, 2010, VALNOR Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A..
- VALNOR, 2010 – B, Concurso público internacional *“Concepção, Construção e Fornecimento de uma Central de Preparação de CDR na VALNOR – Memória Descritiva”*, 2010, VALNOR Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A..
- VALNOR, 2010 – C, Concurso público internacional *“Concepção, Construção e Fornecimento de uma Central de Preparação de CDR na VALNOR – Memória Descritiva da solução técnica da proposta para CDR”*, 2010, VALNOR Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A..
- VALNOR, 2010 – D, Concurso público internacional *“Concepção, Construção e Fornecimento de uma Central de Preparação de CDR na VALNOR – Balanço de massas processual global do processo”*, 2010, VALNOR Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A..
- VALNOR, 2010 – E, Concurso público internacional *“Concepção, Construção e Fornecimento de uma Central de Preparação de CDR na VALNOR – Declaração de Garantias de eficiência da instalação”*, 2010, VALNOR Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A..
- VALNOR, 2011. VALNOR - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos do Norte Alentejano S.A.. Acedido em Janeiro de 2011. Disponível em: <http://www.valnor.pt/>
- WIKIMEDIA COMMONS, 2010. Acedido em Dezembro de 2010. Disponível em: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:RDF-pellets.jpg>

9. ANEXOS

Figura 9.1 - Esquema representativo do balanço de massas processual global do processo
(Fonte: VALNOR, 2010 – D)

Tabela 9.1 - Anexo A, Parte 1 da Norma CEN/ TS 15359: 2006 para a descrição da composição do CDR

Tabela 9.2 - Anexo A, Parte 2 da Norma CEN/ TS 15359: 2006 para a descrição da composição do CDR

**Tabela 9.3 - Anexo A, continuação da Parte 2 da Norma CEN/TS 15359:2006 para a descrição da composição
do CDR**